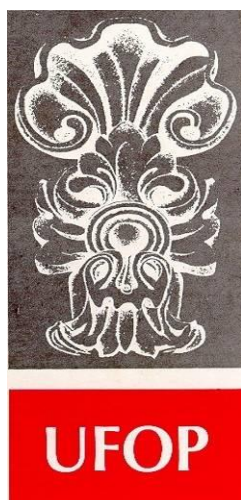


**COMPORTAMENTO ESTRATIGRÁFICO E PROVENIÊNCIA  
SEDIMENTAR DO GRUPO MACAÚBAS NA TERMINAÇÃO  
PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL  
EM MINAS GERAIS**

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

*Reitora*

Prof. Dra. Cláudia Aparecida Marlière de Lima

*Vice-Reitor*

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação*

Prof. Dr. Sérgio Francisco de Aquino

### **ESCOLA DE MINAS**

*Diretor*

Prof. Dr. Issamu Endo

*Vice-Diretor*

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

*Chefe*

Prof. Ms. Edison Tazava



# EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS



**CONTRIBUIÇÕES ÀS CIÊNCIAS DA TERRA – VOL. 79**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Nº 412**

**COMPORTAMENTO ESTRATIGRÁFICO E PROVENIÊNCIA  
SEDIMENTAR DO GRUPO MACAÚBAS NA TERMINAÇÃO  
PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL EM MINAS  
GERAIS**

**Rosana Gonçalves Oliveira**

*Orientadora*

Profa. Dra. Gláucia Nascimento Queiroga

*Co-orientador*

Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais, Área de Concentração:

Tectônica / Petrogênese / Recursos Minerais

**OURO PRETO**

**2020**

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais  
Campus Morro do Cruzeiro s/nº - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606 e-mail: [pgrad@degeo.ufop.br](mailto:pgrad@degeo.ufop.br)

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Depósito Legal na Biblioteca Nacional  
Edição 1ª

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do Sistema de Bibliotecas e Informação  
SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

O482c Oliveira, Rosana Gonçalves .  
Comportamento estratigráfico e proveniência sedimentar do Grupo  
Macaúbas na terminação periclinal da Serra do Espinhaço Meridional em  
Minas Gerais. [manuscrito] / Rosana Gonçalves Oliveira. - 2020.  
81 f.: il.: color., tab., mapa. (Série: M)

Orientadora: Profa. Dra. Gláucia Nascimento Queiroga.  
Coorientador: Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro  
Preto. Departamento de Geologia. Programa de Evolução Crustal e  
Recursos Naturais.  
Área de Concentração: Tectônica, Petrogênese e Recursos Minerais -  
Tprm.

1. Geocronologia. 2. Bacias sedimentares. 3. Orógeno Araçuaí (MG). I.  
Martins, Maximiliano de Souza. II. Queiroga, Gláucia Nascimento . III.  
Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 551.243

<http://www.sisbin.ufop.br>

## **Agradecimentos**

---

Aos meus pais, irmã, e amigos por terem sido meu suporte ao longo desta etapa.

Aos meus orientadores, professores Maximiliano Martins e Gláucia Queiroga, pela oportunidade de fazer parte deste projeto e por todo aprendizado fruto do desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do DEGEO/UFOP por todo aprendizado ao longo dos anos.

A todos os colegas da pós-graduação PPG-ECRN pelos momentos de troca que foram além da geologia, em especial a Maria Eugênia Souza por todas as discussões geológicas.

Ao meu orientador Max e aos colegas Cássio Righeti e Davidson Linhares pelo auxílio e companheirismo nos trabalhos de campo.

Ao Laboratório de Microscopia e Microanálises (LMic), de Preparação de Amostras (LOPAG) e de Geocronologia da UFOP.

Ao CNPq pelo financiamento desta dissertação através do projeto de pesquisa 430789/2016-5 “Análise tectono-estratigráfica e significado geotectônico das sequências metavulcano-sedimentares do Grupo Macaúbas na região centro-norte de Minas Gerais, orógeno Araçuaí, Brasil”, sob a coordenação da professora Dra. Gláucia Nascimento Queiroga.

A CAPES, através do colegiado do PPG-ECRN, por ter concedido a bolsa de mestrado (2017-2019).



*“There is something almost magical to the notion that our bodies, minds and ideas have roots in the crust of Earth, water of the oceans, and atoms in celestial bodies. The stars in the sky and the fossils in the ground are enduring beacons that signal, though the pace of human change is ever accelerating, we are but a recent link in a network of connections as old as the heavens.”*

*Neil Shubin, The Universe Within*



## Sumário

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XXI</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.2 NATUREZA DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA DO PROJETO .....	1
1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSOS À ÁREA DE ESTUDO .....	5
1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E RECURSOS NATURAIS .....	6
1.5 OBJETIVOS.....	8
1.6 METODOLOGIA.....	9
1.6.1 Revisão Bibliográfica.....	9
1.6.2 Interpretação visual de imagens .....	9
1.6.3 Atividades de campo .....	9
1.6.3.1 Levantamento de perfis estratigráficos.....	10
1.6.3.2 Amostragem.....	10
1.6.4 Análises Petrográficas.....	11
1.6.5 Geocronologia U-Pb via LA-ICP-MS.....	11
1.6.5.1 Diagrama de Cawood.....	12
1.6.5.2 Teste Kolmogorov–Smirnov.....	13
<b>CAPÍTULO 2 CENÁRIO GEOLÓGICO REGIONAL.....</b>	<b>15</b>
2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	15
2.2 – ESTRATIGRAFIA REGIONAL .....	16
2.1.1 Supergrupo Espinhaço na porção meridional.....	17
2.1.2 Grupo Macaúbas .....	19
2.1.2.1 Unidades tonianas - fase I (ca. 950-900Ma) .....	20
2.1.2.2 Unidades criogenianas (ca. 750-640 Ma).....	22
2.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL .....	23
2.3 SÍNTESE DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS .....	25
2.4 EVOLUÇÃO POLICÍCLICA DA BACIA MACAÚBAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	27
<b>CAPÍTULO 3 GEOLOGIA LOCAL .....</b>	<b>30</b>
3.1 – ESTRATIGRAFIA DA TERMINAÇÃO PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL .....	31
3.1.1 Formação Galho do Miguel.....	33
3.1.2 Formação Matão-Duas Barras.....	35

3.1.3 Formação Serra do Catuní.....	39
3.2 – ARCABOUÇO ESTRUTURAL .....	45
<b>CAPÍTULO 4 GEOCHRONOLOGY AND PROVENANCE OF TONIAN AND CRYOGENIAN RIFT-RELATED BASINS IN THE SOUTHERN MARGIN OF SÃO FRANCISCO CRATON, BRAZIL<sup>1</sup> .....</b>	<b>50</b>
4.1 INTRODUCTION .....	51
4.2 GEOLOGICAL BACKGROUND .....	52
4.3 METHODOLOGY .....	55
4.3.1 U-Pb zircon in situ dating.....	55
4.3.2 Cawood’s diagram .....	56
4.3.3 Kolmogorov–Smirnov test .....	57
4.3.4 Sample description .....	57
4.4 RESULTS.....	59
4.4.1 U-Pb (LA-ICP-MS) isotope data on zircon.....	59
4.4.2 Cawood Diagram .....	62
4.4.3 KS-Test .....	64
4.5 DISCUSSIONS .....	65
4.5.1 Detrital zircon U-Pb data and provenance constraints .....	65
4.5.2 Cawood diagram and KS-Test .....	67
4.5.3 Tectonics controls on the provenance evolution of the proximal Macaúbas rift basin .....	68
4.6 CONCLUSIONS .....	69
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
5.1 - INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	72
5.2 - GEOCRONOLOGIA U-PB .....	72
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>



## Lista de Ilustrações

<b>Figura 1.1</b> - Distribuição do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais, com destaque para as terminações periclinais do Anticlinal de Itacambira e da Serra do Espinhaço Meridional e a localização da área de estudo neste contexto. It = Itacambira; Bc = Bocaiúva; OD = Olhos D'Água; PM = Planalto de Minas; Tm = Turmalina; Cp = Capelinha; Dta = Diamantina. Modificado de Uhlein (1991). ....	4
<b>Figura 1.2</b> - Localização da área em estudo, destacando a articulação das folhas geológicas nas quais a área se insere. ....	5
<b>Figura 1.3</b> - Principais localidades no entorno e rodovias de acesso à área de interesse. ....	6
<b>Figura 1.4</b> - Mapa hipsométrico e domínios geomorfológicos da área de interesse. ....	7
<b>Figura 1.5</b> - Mapa de bacias hidrográficas da área de interesse. ....	8
<b>Figura 1.6</b> - a) Campos das diferenças entre as idades de cristalização e as idades de deposição de zircões detríticos baseado em curvas de proporção acumulativa, onde o campo A (vermelho) representa um ambiente tectônico de convergência, o campo B (azul) ambiente colisional e o campo C (verde) um ambiente deposicional de caráter extensional. b) A seção esquemática apresenta sucintamente os três limites de placas e os ambientes tectônicos, onde os cenários A, B e D estão presentes em um ambiente convergente, os cenários C em ambiente colisional, e os cenários E e F em ambiente extensional. Adaptada de Cawood <i>et al.</i> (2012). ....	13
<b>Figura 2.1</b> - a) Blocos cratônicos paleoproterozóicos e seu atual posicionamento nas continentes Sulamericanas e Africana. b) Cráton do São Francisco e sua articulação com o Cráton do Congo através da ponte cratônica Bahia-Gabão, e faixas de dobramentos e cavalgamentos brasileiros que o circundam: FB=Brasília, FRP=Rio Preto, FRdP=Riacho do Pontal, FS=Sergipana e FA=Araçuaí. Modificado de Alkmim <i>et al.</i> , 2006. ....	15
<b>Figura 2.2</b> - A) Distribuição das principais unidades estratigráficas na área de estudo, onde a quadrícula norte corresponde à Folha Bocaiúva (SE-23X-C-III) e a quadrícula sul à Folha Curimataí (SE-23-X-C-VI). Modificado de Noce & Fogaça (1996) e Chaves & Andrade (2009). ....	17
<b>Figura 2.3</b> - Coluna estratigráfica do Supergrupo Espinhaço no domínio Meridional. Modificado de Dussin <i>et al.</i> (1994), Chemale <i>et al.</i> (2011, 2012) e Pedrosa-Soares & Alkmim (2011). ....	18
<b>Figura 2.4</b> - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas. Modificado de Pedrosa-Soares <i>et al.</i> (2008, 2011), Castro <i>et al.</i> (2014), e Souza (2016). ....	20
<b>Figura 2.5</b> - Compartimentação do orógeno Araçuaí. SE: Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional; CA: Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã; S: Zona de dobramentos de Salinas; MN: Corredor transpressivo de Minas Novas; RP: Saliência do Rio Pardo e zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim; BG: Bloco de Guanhães; DS: Zona de Cisalhamento de Dom Silvério; I: Zona de Cisalhamento de Itapebi; NC: núcleo cristalino; OC: Faixa Oeste-Congolesa. Modificado de Alkmim <i>et al.</i> (2007). O retângulo em vermelho destaca a área de estudo. ....	24
<b>Figura 2.6</b> - Front do Espinhaço e suas principais feições. Retirado de Souza Filho (1995). O retângulo em vermelho destaca a área de estudo do presente trabalho. ....	25
<b>Figura 2.7</b> - Histogramas apresentando idades dos episódios de crescimento e reciclagem crustal nas porções Sul e Norte do Cráton São Francisco, baseados em idades U-Pb de cristalização (Adaptado de Teixeira <i>et al.</i> , 2000). ....	26
<b>Figura 2.8</b> - Síntese dos dados de geocronologia U-Pb realizadas nas unidades do Supergrupo Espinhaço e Grupo Macaúbas na Serra do Espinhaço Meridional. ....	27
<b>Figura 2.9</b> - Modelo de evolução policíclica da bacia Macaúbas entre os segmentos meridional e setentrional da Serra do Espinhaço. Retirado de Souza (2016) ....	28
<b>Figura 3.1</b> - Mapa geológico simplificado da área de estudo, originalmente elaborada em escala 1:25.000. A versão completa do mapa encontra-se disponível nos apêndices. ....	30

<b>Figura 3.2</b> - Coluna esquemática da área de estudo, elaborada a partir dos levantamentos estratigráficos em escala 1:100 e do mapa geológico em escala 1:25.000. ....	32
<b>Figura 3.3</b> - a) Afloramento da litofácies A da Formação Galho do Miguel apresentando estratificação plano-paralela e estratificação cruzada no mesmo pacote. b) Marca de onda em arenito da litofácies A. c) Estratificação cruzada de grande porte. d) Fotomicrografia da litofácies A mostrando um arenito de alta maturidade mineralógica e textural. ....	34
<b>Figura 3.4</b> - Afloramento da litofácies Acp da Formação Galho do Miguel. a) Estratificação cruzada de médio porte. b) Camadas com topo e base ondulados. ....	35
<b>Figura 3.5</b> - a) Roseta das paleocorrentes da litofácies A exibindo paleofluxo de direção preferencial SSE. b) Roseta das paleocorrentes da litofácies Acp exibindo paleofluxo de direções preferencial SSE e ESE. ....	35
<b>Figura 3.6</b> - Perfis estratigráficos da Formação Matão-Duas Barras levantados na área de estudo, originalmente em escala 1:100. ....	36
<b>Figura 3.7</b> - Afloramentos da litofácies Bm da Formação Matão-Duas Barras. a) e b) Aspecto da brecha monomítica com calstos ângulos variando em todos os tamanhos. b) Clasto de metarenito apresentando-se estratificado. c) Contato discordante e erosivo com a Formação Galho do Miguel. d) Variação lateral da litofácies Bm para litofácies Ag. ....	37
<b>Figura 3.8</b> - a) Típico afloramento da litofácies Ag na área de estudo. b) Afloramento da litofácies Ag apresentando gradação normal e níveis contendo clastos espaçados. c) Amostra de mão de um nível conglomeráticos da litofácies Ag. d) Afloramento da apresentando estratificação cruzada. ....	38
<b>Figura 3.9</b> - Fotomicrografias da litofácies Ag. a) Arenito variando de médio a grosso com grãos subarredondados a arredondados. b) Matriz de biotitas ferruginizadas entre os grãos de quartzo. ....	38
<b>Figura 3.10</b> - Roseta das paleocorrentes da Formação Matão-Duas Barras, tomada na litofácies Ag, exibindo paleofluxo de direção preferencial NW. ....	39
<b>Figura 3.11</b> - Perfis estratigráficos da Formação Serra do Catuní levantados na área de estudo, originalmente em escala 1:100. ....	40
<b>Figura 3.12</b> - Aspectos da litofácies Dm da Formação Serra do Catuní na área de estudo. a) Afloramento da litofácies Dm com clastos variando de seixo até matacão. b) Contato erosivo da litofácies Dm com a Formação Galho do Miguel. c) Contato erosivo entre a litofácies Dm com a Formação Matão-Duas Barras. d) Afloramento da litofácies Dm com clastos variando de seixo até matacão. ....	41
<b>Figura 3.13</b> - Afloramento da litofácies Dc exibindo estratificação cruzada. ....	42
<b>Figura 3.14</b> - a) Diamictito com destaque para clastos a fração seixo, incluindo clastos de óxido de ferro. b) Micrografia do diamictito da fácies D com destaque para um clasto de rocha ígnea máfica. ....	43
<b>Figura 3.15</b> - aspectos da litofácies Af da Formação Serra do Catuní. a) e b) Metarenito da litofácies Af apresentando estratificações do tipo festoon. ....	43
<b>Figura 3.16</b> - Roseta das paleocorrentes da litofácies Af, Formação Serra do Catuní, exibindo paleofluxo de direção preferencial para SW. ....	44
<b>Figura 3.17</b> - aspectos da litofácies Acc da Formação Serra do Catuní. a) Arenito da litofácies Acc apresentando estratificação cruzada vista em planta b) Arenito avermelhado da litofácies Acc apresentando grânulos e óxidos de ferro. ....	44
<b>Figura 3.18</b> - Afloramentos típicos da litofácies C. a) Chert maciço e b) Chert estratificado. ....	45
<b>Figura 3.19</b> - Mapa da área de estudo mostrando os principais lineamentos morfoestruturais observados em imagem de satélite. ....	46

<b>Figura 3.20</b> - a) Estereograma de projeção polar para as medidas de acamamento das Formações Galho do Miguel, Matão-Duas Barras e Serra do Catuní na área de estudo. b) para as medidas de foliação das Formações Galho do Miguel, Matão-Duas Barras e Serra do Catuní na área de estudo. ....	46
<b>Figura 3.21</b> - Estereograma de projeção polar para as medidas dos planos de fratura observados na área de estudo. ....	47
<b>Figura 3.22</b> - Croqui de detalhe estrutural do pontos 88 e 89. ....	48
<b>Figura 3.23</b> - Fotos de diferentes lineamentos morfoestruturais com a formação de brechas de falha. Foto a) ponto 88; Foto b) ponto 112; Fotos c) e d) ponto 124 .....	49
<b>Figure 4.1</b> - (A) Location and context of São Francisco and Congo cratons in Western Gondwana (modified from Alkmim <i>et al.</i> , 2006). (B) Geological sketch map showing the distribution of the Macaúbas Group in the Araçuaí orogen, in Brazil (modified from Pedrosa-Soares <i>et al.</i> , 2011). .	53
<b>Figure 4.2</b> - Stratigraphic column and geochronology data of the Macaúbas Group (modified from Pedrosa-Soares and Alkmim, 2011). ....	54
<b>Figure 4.3</b> –Outcros from which samples where collected a) Sample DB04 - Espinhaço Supergroup; b) Sample DB01 - Matão-Duas Barras Formation; c - d) Sample DB05 - Matão-Duas Barras Formation e – f) Samples DB02 and DB03 - The erosive contact between Matão-Duas Barras Formation and Serra do Catuní Formation. G) General stratigraphic column from the area where samples were collected including the paleocurrent for the Matão-Duas Barras and Serra do Catuní formations (Oliveira, 2020). ....	58
<b>Figure 4.4</b> - Selected cathodoluminescence (CL) images of representative analyzed zircon grains for the Espinhaço Supergroup (DB04), the Matão-Duas Barras Formation (samples DB01, DB02, DB05 and DB06) and The Serra do Catuní Formation (DB03). The U-Pb ages are reported 207Pb/206Pb ages. ....	60
<b>Figure 4.5</b> - Probability density plot f the U-Pb ages in detrital zircon grains from Espinhaço Supergroup (DB04), the Matão-Duas Barras Formation (samples DB01, DB02, DB05 and DB06) and The Serra do Catuní Formation (DB03). The U-Pb ages are reported 207Pb/206Pb ages. ....	61



## Lista de Tabelas

---

<b>Tabela 1.1</b> - Síntese dos dados de geocronologia U-Pb realizadas nas unidades do Supergrupo Espinhaço e Grupo Macaú bas na Serra do Espinhaço Meridional. ....	11
<b>Tabela 3.1</b> - Síntese das litofácies descritas na região periclinal da Serra do Espinhaço Meridional ..	31
<b>Table 4.1</b> - K-S Test p-values using error in the CDF* for Espinhaço Supergroup and Matão Duas Barras Formation.....	64
<b>Table 4.2</b> - K-S Test p-values using error in the CDF* for Serra do Catuní Formation.....	64



## Resumo

---

O Paleocontinente São Francisco-Congo (PSFC) experimentou uma série de eventos tafrogenéticos descontínuos, amplamente registrados no interior e nas margens do Cráton São Francisco através das sequências metassedimentares e metavulcano-sedimentares do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas. O Grupo Macaúbas se destaca por registrar, numa espessa sequência metavulcano-sedimentar, os depósitos da bacia homônima precursora do Orógeno Araçuaí. No atual estado da arte a Bacia Macaúbas contempla um rifte toniano (livre de diamictitos), um rifte criogeniano (rico em diamictitos) e uma bacia de margem passiva com geração de crosta oceânica. A região compreendida entre os segmentos meridional e setentrional da serra do Espinhaço em Minas Gerais é entendida como uma das áreas chave para o entendimento da evolução tectonosedimentar do sistema de riftes que compõem o Grupo Macaúbas no estado. Entretanto, na região de interesse deste projeto, observa-se uma total ausência de levantamentos sedimentares/estratigráficos sistemáticos em comunhão com a ausência de dados geocronológicos. Neste contexto, o presente trabalho investigou a natureza e o modo de ocorrência das unidades estratigráficas tonianas e criogenianas na terminação periclinal da serra do Espinhaço Meridional, e realizou um estudo de geocronologia destas unidades. Ao longo das campanhas de campo, foram levantados 8 perfis litoestratigráficos em escala original 1:100, a partir dos quais 12 litofácies foram descritas. As litofácies da Formação Matão Duas-Barras sugerem deposição em um ambiente de fluxo de detrito. Por sua vez, as litofácies da Formação Serra do Catuní mostram uma litofácies basal de fluxo de detritos que evoluiu para sedimentação em um ambiente de retrabalhamento marinho. Estas informações associadas aos dados estruturais, como a sedimentação das fácies basais confinadas entre lineamentos morfoestruturais de direção NNE e WNW sugerem uma deposição sob regime extensional. A partir das idades U-Pb obtidas foram geradas curvas de distribuição cumulativa, que foram plotadas sobre o Diagrama de Cawood (Cawood 2012). Outro método utilizado foi o Teste K-S. Os resultados mostraram que o espectro de idades das formações Matão-Duas Barras e Serra do Catuní diferem entre si pela maior contribuição de grãos em torno de 1.0Ga na segunda unidade. Dentre as amostras analisadas da Formação Matão-Duas Barras, deste trabalho bem como da literatura, observou-se que aquelas da porção mais a norte da Serra do Espinhaço Meridional e as do Espinhaço Central possuem maior contribuição de grãos Calimínianos e menor contribuição de grãos entre 1.1-1.3Ga, quando comparadas as amostras coletadas na porção mais ao sul do Espinhaço Meridional. Os resultados do Teste K-S mostram que nem todas as amostras da Formação Matão-Duas Barras tem um padrão de distribuição similar, o que pode ser resultado da evolução da bacia, que teria começado com sub bacias isoladas dominadas por fluxo lateral até evoluir para uma bacia com uma drenagem axial proeminente. No que diz respeito a Formação Serra do Catuní, todas as amostras testadas apresentam padrão similar de distribuição. O Diagrama de Cawood mostra que ambas as formações Matão-Duas Barras e Serra do Catuní foram depositadas em ambientes extensionais, corroborando com as interpretações acima, bem como o postulado na literatura.





## Abstract

---

The São Francisco-Congo Paleocontinent (SFCP) experienced a series of discontinuous tectonogenetic events. These events were widely recorded on the interior and on the São Francisco Craton border through the metasedimentary and metavolcano-sedimentary sequences of Espinhaço Supergroup and Macaúbas Group. According to the current state of the art of the Macaúbas Basin, it contains a Tonian rift (diamictite-free), a cryogenic rift (diamictite-rich) and a passive margin basin with of oceanic crust. The region between the Southern and Northern Espinhaço Ridge, in Minas Gerais, is understood as one of the key areas for understanding the tectonic-sedimentary evolution of the rift system that make up the Macaúbas Group, and has been systematically studied in recent years. However, in the region of interest for this project, there is a complete absence of systematic sedimentary/stratigraphic surveys in addition to the absence of geochronological data from the metasedimentary units. In this context, the present work has investigated the Tonian and Cryogenic stratigraphic units in the periclinal termination of the Southern Espinhaço Ridge. Throughout the field campaigns, 8 lithostratigraphic profiles were surveyed in original scale of 1:100, from which 12 lithofacies were described. The Matão-Duas Barras Formation lithofacies suggest deposition in a debris flow environment. This stratigraphic information associated with structural data, indicates that this unit was deposited under an extensional regime. In turn, the Serra do Catuní Formation lithofacies show a basal debris flow associated to steep slopes of faults that evolved to sedimentation in a marine environment. From the U-Pb ages obtained, cumulative distribution curves were generated, which were plotted on the Cawood Diagram (Cawood 2012), which aims to elucidate the tectonic context in which the sedimentary sequences were deposited. Another method used was the K-S Test, that has been used to compare the similarity between different samples, assisting in the provenance studies. The KS-Test shows that all the samples of Matão-Duas Barras Formation are not similar to each other, suggesting that as the vast majority of rift basins have started as small, isolated basins dominated by lateral input and then evolved to an integrated rift basin that with axial discharge. All the Serra do Catuní samples are similar to each other, according to the KS-Test result what possible is a result that a most evolved stage, such as a sediment reworking in marine environments. The Cawood's tectonic discrimination diagram reinforces that both the Matão-Duas Barras and the Serra do Catuní formations were deposited in extensional setting, being registers of an Tonian and Cryogenian rifting-episode, respectively.



## Capítulo 1

# INTRODUÇÃO

---

### 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A presente dissertação de mestrado envolve o estudo das unidades sedimentares do Grupo Macaúbas no segmento meridional da serra do Espinhaço em Minas Gerais. Tal pesquisa se integra a uma série de trabalhos desenvolvidos nos últimos dez anos pelo grupo de pesquisa responsável pela orientação deste projeto, focados nas unidades riftes pertencentes ao Grupo Macaúbas entre os segmentos meridional e setentrional da serra do Espinhaço, em Minas Gerais, caracterizando o modo de ocorrência, as relações de contato e o papel das estruturas herdadas dos ciclos baciais anteriores com as unidades de preenchimento vulcanossedimentar dos estágios de rifteamento Macaúbas.

A execução desta pesquisa utilizou os recursos financeiros do projeto intitulado “Análise tectono-estratigráfica e significado geotectônico das sequências metavulcano-sedimentares do Grupo Macaúbas na região centro-norte de Minas Gerais, orógeno Araçuai, Brasil”, financiado pelo Processo CNPq 430798/2016-5 (vigência 2017-2020), sob a coordenação da professora Dra. Gláucia Nascimento Queiroga. Recebe também o importante apoio laboratorial e de campo do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP). A bolsa de mestrado foi concedida à autora pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

Esta dissertação se insere na linha de pesquisa “Bacias Sedimentares: Tectônica, Magmatismo e Sedimentação” do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Energéticos (PPG-ECRN) do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (DEGEO/EM/UFOP).

### 1.2 NATUREZA DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA DO PROJETO

O entendimento dos mecanismos de formação e estabilização dos primeiros continentes ainda são incompletos. Tratando-se do estudo de bacias sedimentares antigas, todo este cenário se torna ainda mais complexo e limitado devido a fatores pós-sedimentação, como a deformação, metamorfismo e perda de registro em função do intemperismo (Miall, 2000).

Na tentativa de elucidar a evolução dessas bacias, a geocronologia de zircões detríticos têm desempenhado um papel proeminente na investigação da proveniência sedimentar e na determinação das idades de preenchimento. Este conhecimento corrobora para delimitação de áreas de acumulação e episódios de sedimentação embasando reconstruções paleoambientais e paleotectônicas distintos (Sircombe, 1999; Cawood *et al.*, 2003).

Os zircões detríticos, presentes em rochas sedimentares, possuem grande valor científico, sendo utilizados para testar modelos geológicos e resolver controvérsias que, geralmente, surgem devido à incompletude do registro geológico, se tornando um método quase indispensável na investigação de unidades sedimentares e de suas regiões de origem (Andersen 2005, Gehrels 2012, 2014).

A distribuição das idades U-Pb, presentes em uma mesma amostra, podem ser plotadas em um histograma simples ou em um diagrama de distribuição de idades relativas (Sircombe, 2004; Sircombe, Hazelton, 2004; Ludwig, 2003). Ambos os gráficos mostram exatamente as mesmas informações com picos mais elevados para as maiores populações de grãos de idades aproximadas (Gehrels 2012). Apesar de serem relevantes para distinguir as populações de diferentes idades, ambos os gráficos fornecem, de forma subjetiva, apenas uma interpretação qualitativa dos resultados da pesquisa, não permitindo uma análise matemática dos dados.

O Teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) é um dos métodos de análise estatística recentemente mais aplicados para a identificação de possíveis áreas fontes para os sedimentos. O Teste K-S compara duas distribuições, avaliando se são diferentes entre si ou não, a partir do teste de uma hipótese nula. Por exemplo, pode-se testar se duas distribuições de idades de zircões detríticos, provenientes de duas amostras diferentes, são similares e conseqüentemente se tem a mesma fonte, inferindo assim sua proveniência (DeGraaff-Surpless *et al.*, 2003; Barbeau *et al.*, 2009; Guynn & Gehrels, 2010; Fernández-Suaréz *et al.*, 2013).

Cawood *et al.* (2012), buscando um método direto para interpretação das idades, demonstram como o espectro de distribuição de zircões detríticos refletem o cenário no qual eles foram depositados e elaboraram um diagrama que correlaciona a distribuição acumulada das idades com o ambiente tectônico.

Nos últimos anos uma série de trabalhos foram realizados objetivando entender a evolução e o posicionamento estratigráfico das unidades da bacia Macaúbas, precursora do Orógeno Araçuaí, na porção Setentrional da Serra do Espinhaço Meridional, através da associação entre levantamentos estratigráficos de abrangência regional ou local e geocronologia (eg. Pedrosa-Soares *et al.*, 2000; Martins *et al.*, 2008; Queiroga, 2010; Babinski *et al.*, 2012; Chemale *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Souza, 2016, Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2019).

No atual estado da arte, a bacia Macaúbas inclui ao menos três episódios distintos de rifteamento continental. O primeiro ocorreu no Toniano (*ca.* 950-900 Ma), sobreposto e intimamente relacionado aos sedimentos do Supergrupo Espinhaço na região periclinal da anticlinal de Itacambira (Martins *et al.*, 2008; Leite, 2013, Souza *et al.*, 2019). Como consequência deste episódio, um segundo pulso se deu ao final do Toniano (*ca.* 889Ma), marcado pela instalação de um eixo termal, com extrusão de notável magmatismo máfico concomitantemente com a deposição de sedimentos marinhos (Souza, 2016). O terceiro estágio ocorreu durante o Criogeniano 750-670 Ma (Pedrosa-Soares, Alkmim, 2011), tendo

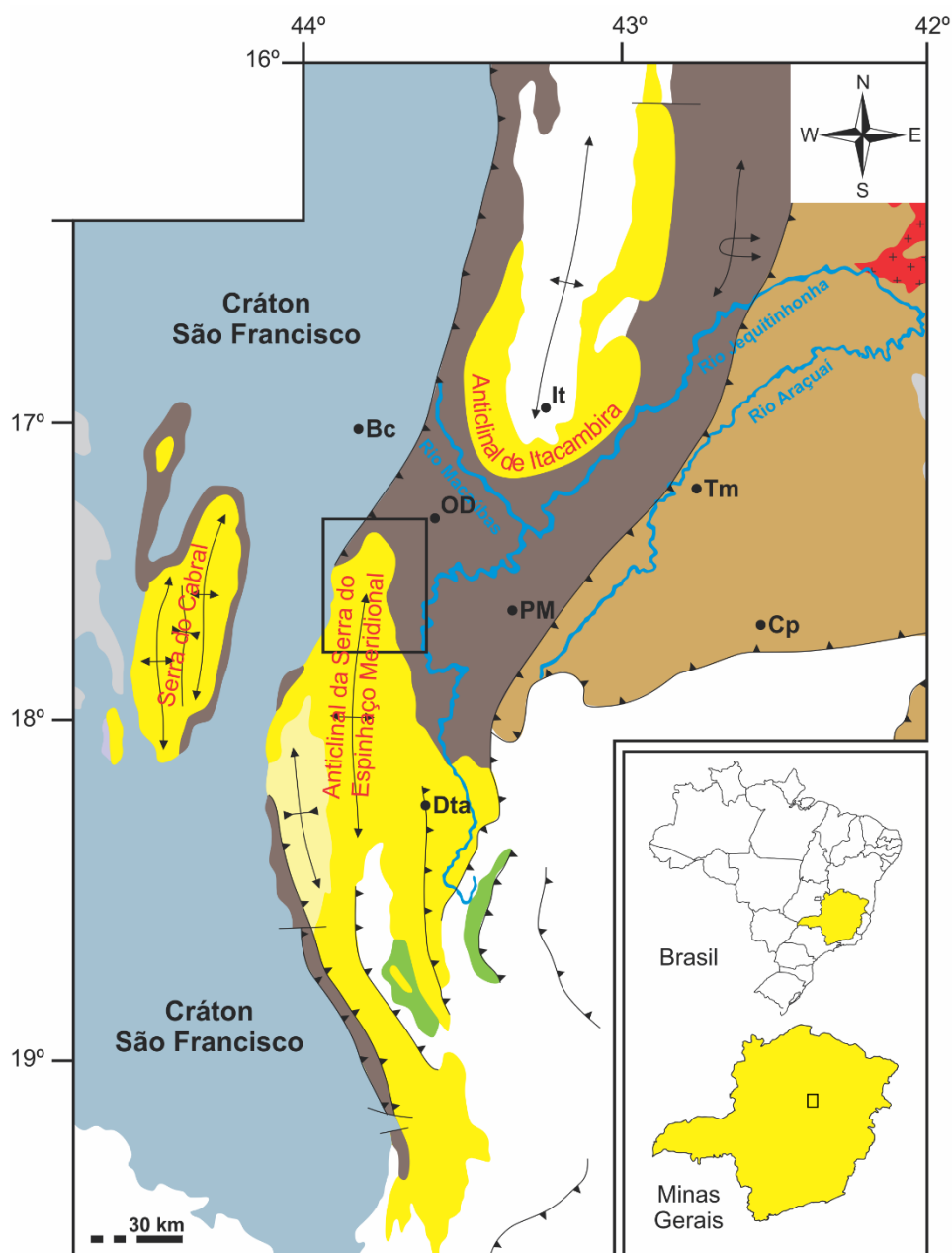
evoluído para uma margem passiva com formação de uma protocrosta oceânica (640 Ma, Queiroga *et al.*, 2007) parcialmente sob influência glacial (Hettich, 1975; Karfunkel & Hoppe, 1988; Noce *et al.*, 1997; Uhlein *et al.*, 1998, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Babinski *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015).

O primeiro estágio de rifteamento toniano e o rifteamento criogeniano da bacia Macaúbas são bem documentados ao longo do meridiano 43°30'W, entre as serras do Espinhaço Setentrional e Meridional, sendo esta última a área de interesse desta dissertação.

Martins *et al.* (2008) e Leite (2013) reconheceram o sistema de sedimentação continental composto pela recém designada Formação Matão-Duas Barras (Souza *et al.*, 2019) como representantes do rifteamento toniano na região de Itacambira, porção oeste da serra do Espinhaço Central (ou Setentrional Mineiro), assentada diretamente sobre os quartzitos do Supergrupo Espinhaço. O padrão de sedimentação foi altamente condicionado pela tectônica extensional operante, fazendo com que a deposição de leques aluviais e dos sistemas fluviais de alta energia tenham se desenvolvidos sob a influência de falhamentos normais ativos e do basculamento de blocos (Martins *et al.*, 2008).

Presentes na terminação periclinal dos anticlinais de Itacambira e no fechamento da serra do Espinhaço Meridional (Figura 1.1), os sedimentos eólico-marinhos que caracterizam a fase sag da bacia Espinhaço e o horizonte de diamictitos glaciogênicos do Grupo Macaúbas foram utilizados como datum estratigráfico de base e topo, respectivamente, para correlações de mesma natureza, cogitando a possível existência das unidades tonianas na extremidade norte da serra do Espinhaço Meridional, hipótese confirmada por Vitorino & Santos (2009). Uma vez ocorrendo nas duas contrapartes dos referidos domínios serranos, a distribuição das unidades tonianas atribuídas ao Grupo Macaúbas aponta para a existência de pelo menos dois meio-grábens adjacentes e contemporâneos, evidenciando a ramificação do sistema de rifteamento toniano nesta região.

A região compreendida entre os segmentos meridional e setentrional da serra do Espinhaço em Minas Gerais é entendida como uma das áreas chave para o entendimento da evolução tectonosedimentar do sistema de riftes que compõem o Grupo Macaúbas no estado, e vem sendo sistematicamente estudada nos últimos anos (e.g. Martins *et al.*, 2008, Leite 2013, Castro 2014, Castro *et al.*, 2019, Souza 2016, Souza *et al.*, 2017, Souza *et al.*, 2019). Entretanto, na região de interesse deste projeto, observa-se uma total ausência de levantamentos sedimentares/estratigráficos sistemáticos em comunhão com a ausência de dados geocronológicos das unidades metassedimentares, aliada também ao completo desconhecimento da natureza e do posicionamento das áreas fontes.



#### LEGENDA

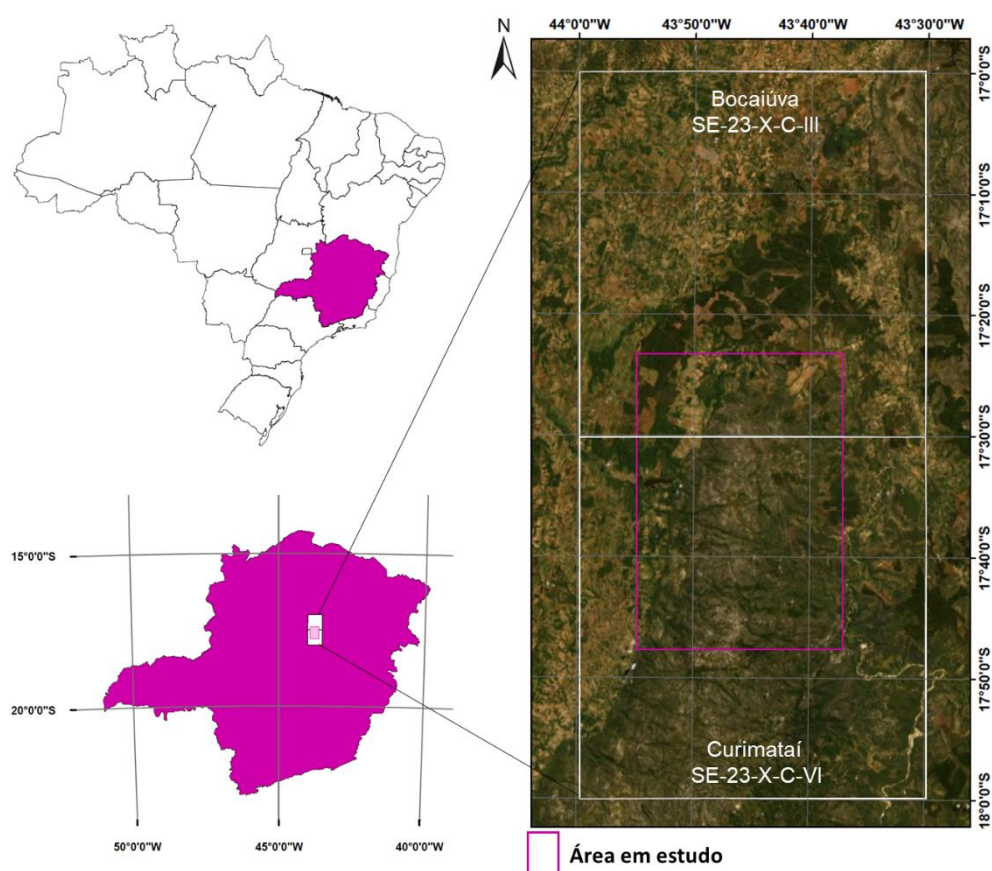
- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| Coberturas Fanerozóicas                               | Falhas Transcorrentes          |
| Granitóides Brazilianos                               | Falhas de Empurrão             |
| Grupo Bambuí Indiviso                                 | Anticlinal de flanco invertido |
| Grupo Macaúbas Indiviso                               | Anticlinal                     |
| Complexo Salinas                                      | Sinclinal                      |
| Grupo Conselheiro Mata                                | Drenagens                      |
| SGR. Espinhaço Indiviso                               | Localidades                    |
| SGR. Rio Paraúna / Sequência Vulcano-Sedimentar Serro |                                |
| Embasamento indiferenciado                            |                                |

**Figura 1.1** - Distribuição do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais, com destaque para as terminações periclinais do Anticlinal de Itacambira e da Serra do Espinhaço Meridional e a localização da área de estudo neste contexto. It = Itacambira; Bc = Bocaiúva; OD = Olhos D'Água; PM = Planalto de Minas; Tm = Turmalina; Cp = Capelinha; Dta = Diamantina. Modificado de Uhlein (1991).

Neste contexto, o presente trabalho visa investigar a natureza e o modo de ocorrência das unidades estratigráficas do Toniano e do Criogeniano na terminação periclinal da serra do Espinhaço Meridional. Com a finalidade de complementar a primeira abordagem, os estudos de proveniência sedimentar constituem a segunda abordagem deste trabalho. Visam decifrar a composição e a evolução geológica da área fonte dos sedimentos e reconstituir o ambiente tectônico da bacia deposicional, a partir dos dados U-Pb inéditos apresentados, bem como a partir da compilação de dados disponíveis na literatura. Ressalta-se ainda que as duas abordagens supracitadas constituem temas inéditos para esta porção da bacia Macaúbas.

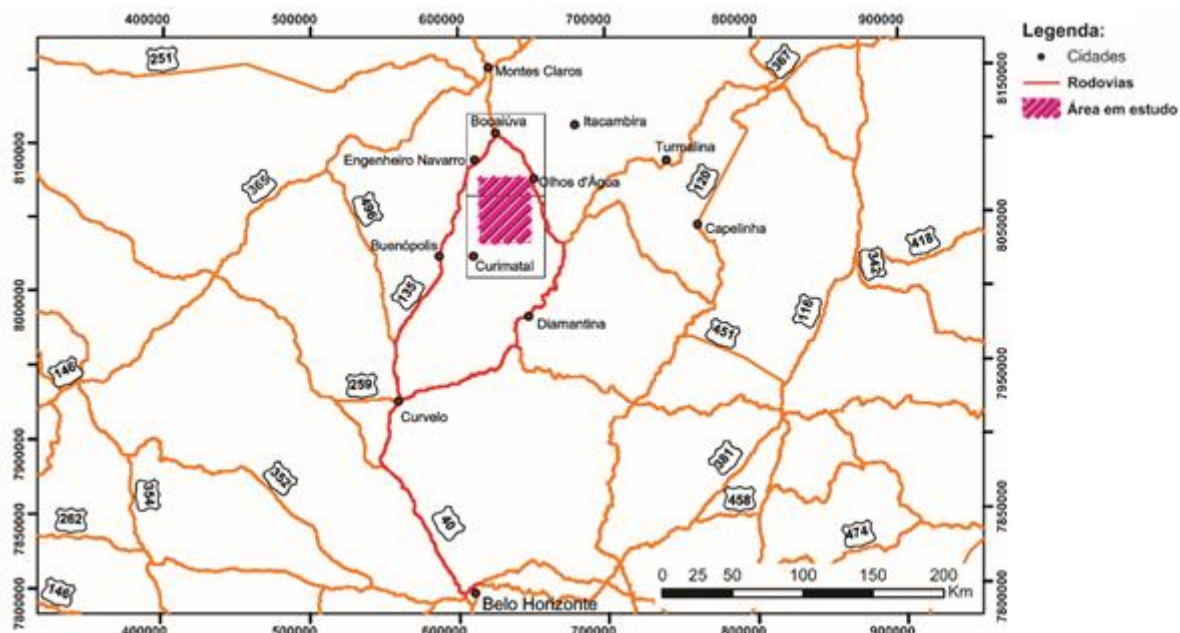
### 1.3 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSOS À ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está inserida na porção norte da serra do Espinhaço Meridional, localizada na região centro-norte do estado de Minas Gerais, próximo aos municípios de Engenheiro Navarro, Olhos D'Água e Bocaiúva, tendo como principais referências estaduais as cidades de Diamantina e Montes Claros. Contida nas folhas geológicas em escala 1:100.000 Curimataí (SE-23-X-C-VI; Noce & Fogaça 1996) e Bocaiúva (SE-23-X-C-III; Chaves & Andrade 2009), a área de estudo se encontra entre os meridianos 44°W e 43°W e entre os paralelos 18°S e 17°S (Figura 1.2).



**Figura 1.2** - Localização da área em estudo, destacando a articulação das folhas geológicas nas quais a área se insere.

Partindo de Belo Horizonte, capital do estado, segue-se por cerca de 330Km, através de rodovias federais (BR-040, BR-135), até o trevo para Engenheiro Dolabela, distrito de Bocaiúva, de onde o acesso à área se dá por estradas rurais até a comunidade quilombola Mucambo, também pertencente a Bocaiúva, que funcionou como base para as atividades de campo (Figura 1.3).



**Figura 1.3** - Principais localidades no entorno e rodovias de acesso à área de interesse.

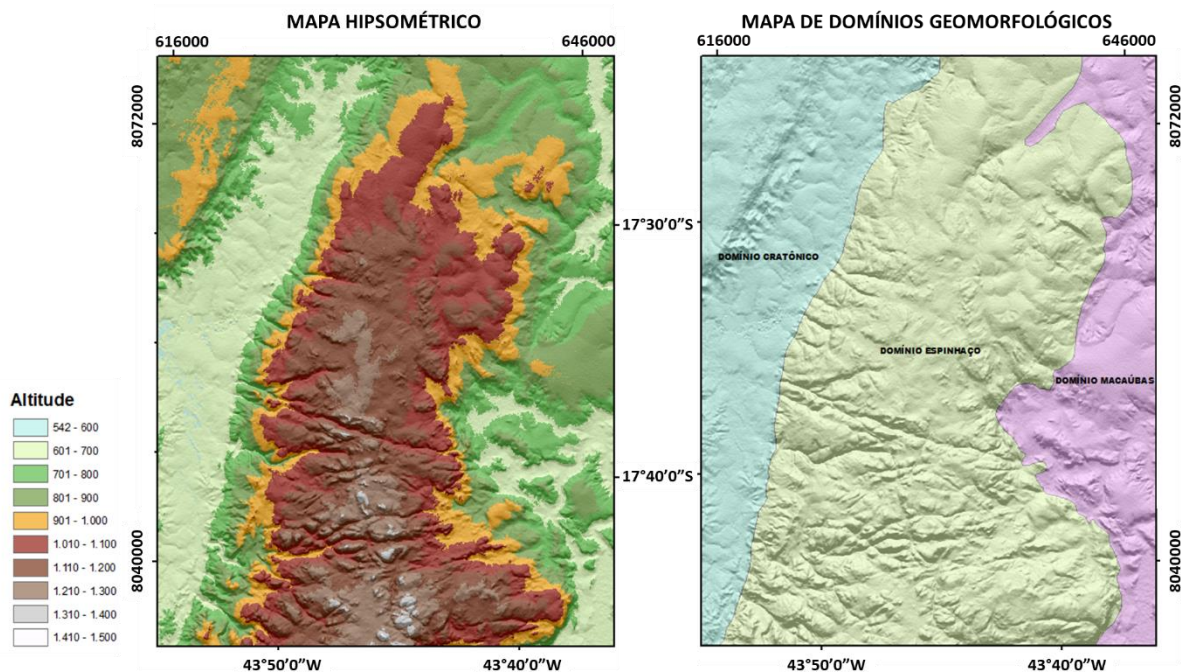
#### 1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E RECURSOS NATURAIS

A serra do Espinhaço é um importante componente do relevo brasileiro. No que diz respeito a sua conotação geográfica, a serra do Espinhaço é subdividida nos planaltos meridional e setentrional, separados por uma depressão de direção SE-NW, passando pela cidade de Couto Magalhães (Saadi 1995).

A área de estudo está inserida na porção norte da serra do Espinhaço Meridional, no estado de Minas Gerais. Tal feição geomorfológica, de direção preferencial norte-sul, se estende por cerca de 300 km da região conhecida como serra do Cipó até a região do município de Olhos D'Água, seguindo aproximadamente o meridiano 43°30'W (Saadi 1995, Augustin *et al.*, 2011, Barreto 2012).

A partir do mapa hipsométrico (Figura 1.4) da área em questão, foram distinguidos três domínios geomorfológicos, sendo eles: i) domínio Cratônico, ii) domínio serra do Espinhaço e iii) domínio Macaúbas. Observa-se que as maiores altitudes da área ocorrem no interior da Serra do Espinhaço, enquanto suas bordas são topograficamente mais baixas, evidenciando a atuação de processos erosivos muito mais eficazes nas áreas dos domínios Cratônico e Macaúbas.





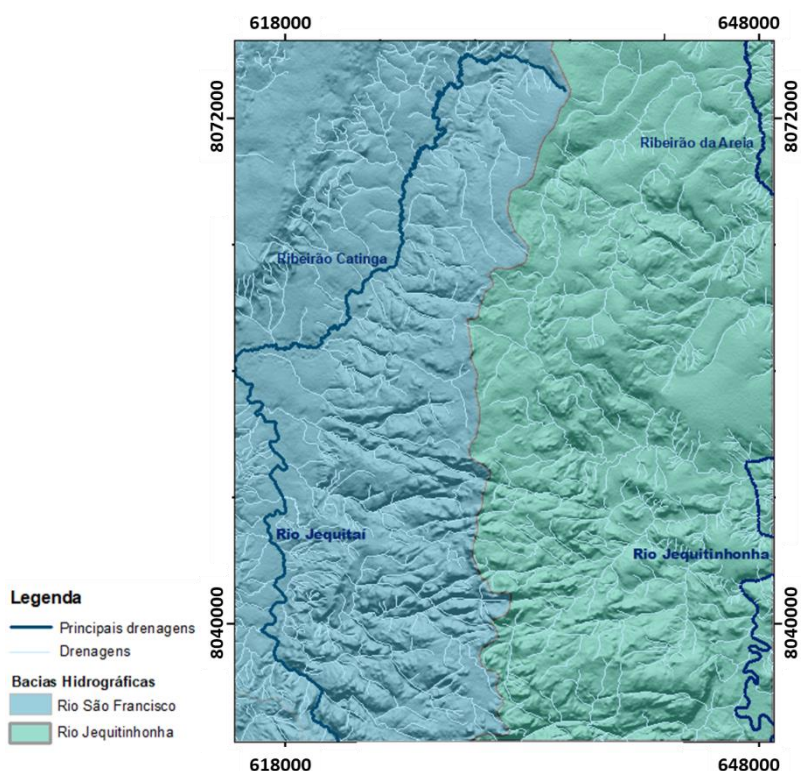
**Figura 1.4** - Mapa hipsométrico e domínios geomorfológicos da área de interesse.

No domínio Cratônico as cotas variam predominantemente entre 550-650m, com algumas porções mais elevadas, mas com altitudes regularmente homogêneas. Na porção noroeste deste setor, as cotas variam entre 750-950m e indicam formas de relevo de topo planos e relativamente extensas, podendo representar uma unidade mais resistente dentro do domínio Cratônico.

No domínio serra do Espinhaço, as cotas chegam a ultrapassar os 1400m, e duas superfícies de aplainamentos são distinguíveis e interpretadas, de acordo com King (1956), como Pós-Gondwana, com cerca de 1400m, e a Sul Americana, com cotas entre 1100-1200m. As costas predominantes estão compreendidas entre 1050-1200m. Na borda oeste deste domínio, têm-se uma proeminente escarpa erosiva contínua, marcando a transição entre este e o domínio Cratônico.

No domínio Macaúbas, a leste do domínio serra do Espinhaço, observa-se o predomínio de chapadas e chapadões com topos aplainados de altitude entre 700 e 900m, representando topos de vertentes longas e muito dissecadas. As altitudes mais baixas, de 600 a 700m, encontram-se restritas aos fundos de vale.

A serra do Espinhaço Meridional é um importante divisor de águas regional entre as bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha (Figura 1.5). Na região serrana, dominada principalmente pelas rochas pertencentes ao Supergrupo Espinhaço, as drenagens podem sofrer mudanças repentinas de direção controladas por sistemas de fraturas e juntas, conferindo a rede de drenagens local feições de padrão retangular. Nas chapadas onde afloram principalmente rochas do Grupo Macaúbas, o padrão de drenagem é predominantemente dendrítico (Augustin *et al.*, 2011).



**Figura 1.5** - Mapa de bacias hidrográficas da área de interesse.

A região há muito conhecida por sua vocação para atividades garimpeiras. Na área de estudo as principais atividades minerárias são: i) garimpos formais e informais de quartzo gema retirado principalmente de veios hidrotermais preferencialmente posicionados na capa e lapa da Formação Galho do Miguel, que podem conter uma série de inclusões minerais como rutilo, brookita e epidoto; ii) diamantes aluvionares no rio Jequitinhonha e seus afluentes; iii) quartzo explorado para fins metalúrgicos; iv) pedreiras de quartzitos para indústria da construção civil (Noce & Fogaça 1996, Chaves & Andrade 2009).

## 1.5 OBJETIVOS

O objetivo geral desta dissertação é determinar a estratigrafia e a proveniência sedimentar baseada na geocronologia U-Pb em zircões detriticos do Grupo Macaúbas na terminação periclinal da serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais.

## **1.6 METODOLOGIA**

Esta dissertação foi desenvolvida de forma que todas as atividades, de campo e laboratoriais, se complementassem, sendo continuamente acompanhadas por uma revisão bibliográfica que deu suporte à interpretação dos resultados a medida que foram sendo obtidos, conforme os métodos descritos a seguir.

### **1.6.1 Revisão Bibliográfica**

Todo o desenvolvimento da dissertação foi acompanhado de uma revisão crítica e contínua do material disponível na literatura sobre os diversos assuntos pertinentes ao projeto, como: i) estado da arte acerca da bacia Macaúbas, ii) geologia regional e local da área de estudo, iii) modelos geotectônicos para os cenários abordados e iv) revisão dos principais conceitos de geocronologia e de geologia sedimentar, estratigrafia e geologia estrutural que deverão ser aplicados nas campanhas de mapeamento geológico-estrutural.

### **1.6.2 Interpretação visual de imagens**

Para melhor planejamento das atividades de campo, foi confeccionada toda a base cartográfica e realizado trabalho de fotointerpretação. Esta etapa é de fundamental importância, visto que as unidades alvo deste estudo, se destacam nas imagens áreas por apresentarem textura e cores diferentes (Chaves & Andrade 2009).

O intuito desta fase do projeto foi realizar um trabalho minucioso de interpretação visual em imagens de satélite de alta resolução da área de estudo, disponíveis através do banco de dados do ArcGis (ESRI®), que conta com dados obtidos a partir de satélites como SPOT Imagery, TerraColor, Landsat e Digital Globe, com resoluções variando entre 15-0.3m. As imagens foram fotointerpretadas em escala 1:25.000 e 1:10.000, e serviram de base para as atividades de campo, além de subsidiar a interpretação dos resultados de maneira integrada ao fim desta dissertação.

O processo de foto interpretação envolveu (Soares Filho 2000, Soares & Fiori 1976): i) fotoleitura, que representa uma leitura inicial e simplória identificando os elementos—ou objetos— da imagem, ii) fotoanálise, para que sejam estabelecidas as relações entre elementos texturais, identificando zonas homólogas e, finalmente, iii) fotointerpretação onde exercícios lógicos de dedução e indução são utilizados para elaborar hipóteses interpretativas, baseadas nas correlações entre os objetos da imagem, para compreender o significado dos elementos observados.

### **1.6.3 Atividades de campo**

Inserida no limite entre as folhas geológicas em escala 1:100.000 Curimataí (SE-23-X-C-VI; Noce & Fogaça 1996) do Projeto Espinhaço e Folha Bocaiúva (SE-23-X-C-III; Chaves & Andrade 2009), a área abrangida por este trabalho (~80 km<sup>2</sup>) está parcialmente coberta pelo mapeamento geológico em escala 1:25.000 realizado por Vitorino & Santos (2009).

A partir desta base, foram realizadas três campanhas de campo. A primeira, na qual foi elaborado o mapeamento geológico da região em escala 1:10.000, contou com o apoio da disciplina Estágio de Mapeamento Geológico – GEO391 do primeiro semestre de 2018, ministrada pelo co-orientador desta dissertação, onde procurou-se cartografar as principais unidades litoestratigráficas aflorantes e identificar as principais estruturas presentes na área de estudo, bem como coletar amostras de rocha para confecção de laminas delgadas e análise isotópica.

A segunda campanha de campo teve como objetivo o levantamento de perfis de natureza estratigráfica/sedimentar, perpendiculares à estruturação local, além da identificação das áreas alvo para nova amostragem e para realização dos perfis estratigráficos em escala 1:100 realizados na terceira campanha de campo.

#### *1.6.3.1 Levantamento de perfis estratigráficos*

Esta etapa teve como objetivo a construção de colunas estratigráficas sistêmicas transversais a estruturação local da área em escala 1:100, nos quais foram caracterizadas as litofácies sedimentares presentes na área de estudo, em termos de composição, suas características texturais e da presença de estruturas sedimentares.

Os perfis estratigráficos foram baseados na litoestratigrafia, onde, de acordo com Murphy & Salvador (2003), uma unidade litoestratigráfica trata-se de *“um corpo de rocha definido e reconhecido com base nas suas propriedades litológicas, ou combinação de propriedades litológicas e relações estratigráficas”*. Nesse sentido, no presente trabalho, o termo *“litofácies”* se remeterá a modificação lateral/vertical do aspecto litológico de uma unidade litoestratigráfica.

As atividades de campo seguiram os métodos descritivos propostos por Coe (2010) e Stow (2005). A interpretação dos perfis confeccionados, com intuito de compreender a disposição das unidades e sua relação com a tectônica formadora da bacia, foi pautada principalmente nos conceitos postulados por Miall (2000; 2016).

#### *1.6.3.2 Amostragem*

A amostragem seguiu a metodologia padrão, consistindo na coleta de amostras contínuas ao longo das colunas estratigráficas levantadas. No total, foram coletadas 6 amostras referentes as três formações geológicas cartografadas na área, de modo a se obter pelo menos uma amostra representativa à cada uma delas. Para os estudos geocronológicos as amostras foram coletadas conforme sugerido pelo ‘Guia de procedimentos do SGB para amostragem e seleção de métodos geocronológicos aplicados ao mapeamento regional’ (CPRM, 2005). A localização dos pontos de amostragem está apresentada na Tabela 1.1., bem como no mapa de pontos apresentado no Apêndice I.

**Tabela 1.1** - Síntese dos dados de geocronologia U-Pb realizadas nas unidades do Supergupo Espinhaço e Grupo Macaúbas na Serra do Espinhaço Meridional.

Código	Litotipo	Unidade	Easting	Northing
DB01	Metarenito	Fm. Matão-Duas Barras	628318	8070391
DB02	Metarenito	Fm. Matão-Duas Barras	628095	8070241
DB03	Metadiamicrito	Fm. Serra do Catuní	628095	8070241
DB04	Metarenito	Fm. Galho do Miguel	628039	7070099
DB05	Metarenito	Fm. Matão-Duas Barras	627436	8067379
DB06	Metarenito	Fm. Matão-Duas Barras	627253	8067224

#### 1.6.4 Análises Petrográficas

As rochas na área de estudo encontram-se metamorfisadas na fácies xisto verde baixo (Noce & Fogaça 1996, Chaves & Andrade 2009). Por efeito, no presente trabalho, as rochas foram caracterizadas petrologicamente sob a ótica da petrologia sedimentar.

Através da caracterização petrográfica, buscou-se distinguir as feições texturais, mineralógicas e, quando possível, diagenéticas das amostras, e através destas informações, em conjunto com as demais obtidas no trabalho, inferir a evolução do ambiente deposicional destas rochas.

As análises petrográficas foram realizadas tanto em escala macroscópica em campo, através de amostras de mão, quanto em escala microscópica utilizando-se de lâminas delgadas. As lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação analisadas em microscópio ótico binocular, modelo ZEISS AXIO Scope.A1 equipado com câmera fotográfica digital ZEISS® AxioCam. MRc.5, no Laboratório de Microscopia Ótica da Pós-Graduação, ambos locados no Departamento de Geologia (DEGEO/UFOP).

As descrições das amostras de mão e lâminas foram embasadas em Boggs (2009) e contou com o suporte da disciplina Petrologia Sedimentar (GEO800-2019/1), ministrada pela professora Dra. Mariângela Garcia e ofertada pelo Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Energéticos (PPG-ECRN - DEGEO/EM/UFOP).

#### 1.6.5 Geocronologia U-Pb via LA-ICP-MS

No presente trabalho foram coletadas seis amostras para extração de zircões detríticos, posicionadas estrategicamente na coluna estratigráfica da área de estudo, com foco nas formações Galho do Miguel, Matão-Duas Barras e Serra do Catuní. A datação U-Pb e o estabelecimento de uma idade deposicional para estas unidades será de fundamental importância para entender as relações estratigráficas observadas em campo, culminando em um modelo evolutivo para fase de abertura da bacia Macaúbas na região.

Neste estudo as amostras foram preparadas no Laboratório de Preparação de Amostras para Geoquímica (Lopag/DEGEO), onde foram realizadas as etapas de cominuição e bateamento das

amostras, seguido pela concentração da fração de minerais pesados por gravimetria através da utilização de bromofórmio, separação magnética de óxidos, e na amostra DB-04, que se fez necessário, coleta de grãos de zircões com o auxílio de uma lupa binocular para confecção dos *mounts*. Os *mounts* foram montadas utilizando resinas do tipo specifix e passaram pelas etapas de lixamento e polimento para melhor exposição dos grãos, possibilitando o imageamento por catodoluminescência realizado no Laboratório de Microanálises (DEGEO) através de microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca JEOL e modelo JSM-6510.

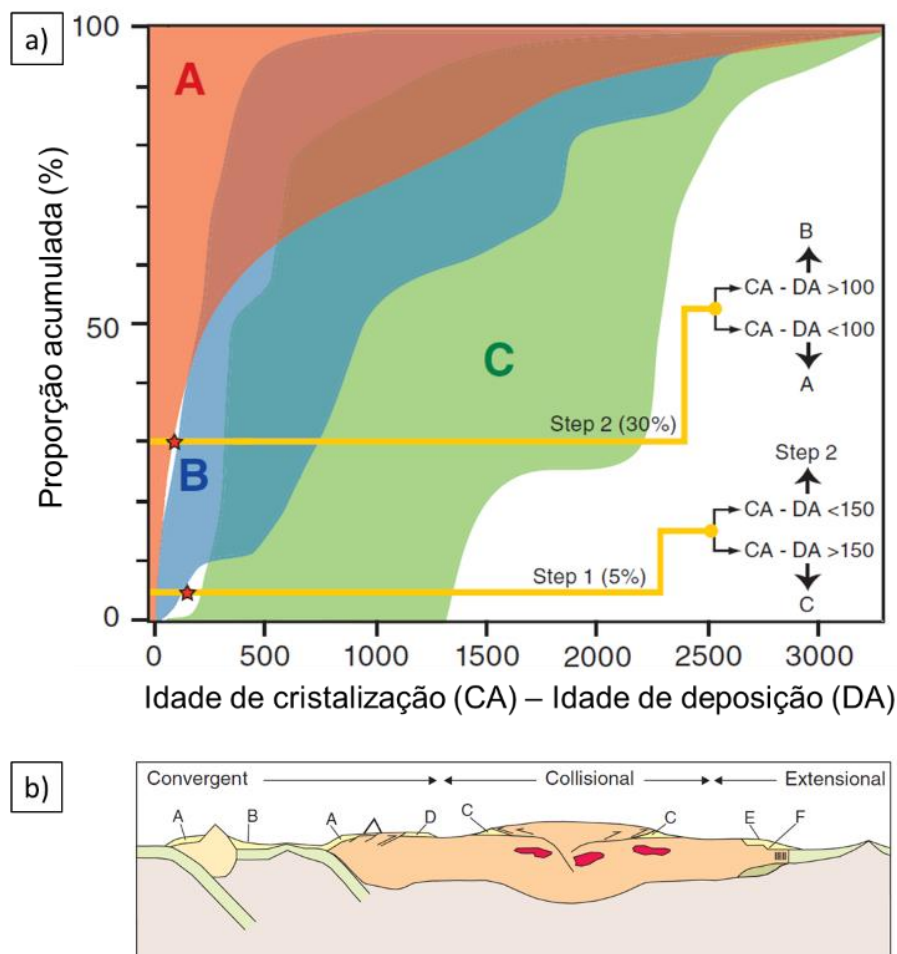
A obtenção e análise das idades foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Isotópica (DEGEO), utilizando-se do método LA-ICP-MS (laser inductively coupled plasma-mass spectrometry). A partir das imagens de catodoluminescência obtidas anteriormente estabeleceu-se os locais adequados para ablação através do laser, evitando porções fraturadas e inclusões. Foram realizados uma média de 100 furos por amostra.

As análises foram realizadas utilizando-se o aparelho Thermo-Finnigan Element II (sector field-SF) ICPMS, acoplado a um laser Photon-Machines 193 nm. Os dados foram obtidos numa sequência de 15 segundos (s) para medição do branco (gás inerte), 50 s para as medidas de U, Th e Pb durante a ablação, e 15 s para lavagem. A aquisição dos dados se deu em modo peak jumping com *spots* de 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro, fluência entre 6 – 8 J/cm<sup>2</sup> e 10 Hz de frequência. Os padrões utilizados como material de referência foram BB (562  $\pm$  5 Ma, Santos *et al.*, 2017) como padrão primário e terciário, e Plešovice (337 $\pm$  1 Ma; Sláma *et al.*, 2008) como padrão secundário.

As razões isotópicas e as idades foram obtidas a partir do software Glitter Shortcut 2.01 (Van Achterbergh *et al.*, 2001). Para os grãos arqueanos a mesoproterozoicos (>800 Ma) foram consideradas idades estabelecidas pela razão <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb, sendo consideradas apenas idades entre 90% e 110% concordantes. Os diagramas de probabilidade populacional foram plotados através da extensão Isoplot3 (Ludwig, 2001), a partir do programa Excel2010.

#### 1.6.5.1 Diagrama de Cawood

A partir das idades U-Pb obtidas foram geradas curvas de distribuição cumulativa, onde o eixo Y representa a proporção acumulada de grãos, e o eixo X a diferença, em milhões de anos, entre a idade de cristalização dos grãos (CA) e a idade de deposição estimada (DA) da unidade a qual ela pertence. Estas curvas foram plotadas sobre o Diagrama de Cawood (Cawood 2012, figura 1.6), que objetiva auxiliar na elucidação do contexto tectônico em que se depositaram as sequências sedimentares, baseado nos diferentes padrões de distribuição das idades dos zircões detríticos de diferentes cenários.



**Figura 1.6** - a) Campos das diferenças entre as idades de cristalização e as idades de deposição de zircões detríticos baseado em curvas de proporção acumulativa, onde o campo A (vermelho) representa um ambiente tectônico de convergência, o campo B (azul) ambiente colisional e o campo C (verde) um ambiente deposicional de caráter extensional. b) A seção esquemática apresenta sucintamente os três limites de placas e os ambientes tectônicos, onde os cenários A, B e D estão presentes em um ambiente convergente, os cenários C em ambiente colisional, e os cenários E e F em ambiente extensional. Adaptada de Cawood *et al.* (2012).

Os critérios estabelecidos por Cawood *et al.* (2012), definem que caso 5% dos zircões mais jovens tenham idades de cristalização até 150 Ma mais antigas do que a idade de deposição, foram depositados em uma bacia de ambiente extensional. Caso essa afirmativa não seja verdadeira e 30% dos grãos mais jovens possuam a diferença entre as idades de cristalização e deposição menor que 100 Ma, os sedimentos foram depositados em um ambiente convergente, caso contrário em um ambiente colisional (Figura 1.6).

#### 1.6.5.2 Teste Kolmogorov–Smirnov

As idades U-Pb obtidas foram testadas pelo método estatístico Kolmogorov–Smirnov (Kolmogorov 1993, Smirnov 1939). O Teste K-S é um método estatístico não paramétrico que compara duas distribuições avaliando se são diferentes entre si ou não, a partir do teste de uma hipótese nula. Por exemplo, testando se duas distribuições de idades de zircões detríticos, provenientes de duas amostras diferentes, são similares e consequentemente se tem a mesma fonte, inferindo assim sua proveniência



(DeGraaff-Surpless *et al.*, 2003, Barbeau *et al.*, 2009, Guynn & Gehrels, 2010, Fernández-Suaréz *et al.*, 2013).

Guynn & Gehrels (2010) explicam que no caso do estudo de proveniência a partir de zircões detríticos, definem-se duas hipóteses: a hipótese nula em que as duas distribuições são a mesma (fonte comum), e a hipótese alternativa em que as duas distribuições não provêm da mesma população (fontes diferentes). A estatística do teste K-S é calculada utilizando baseado na frequência acumulada das idades de zircão obtidas e na a diferença entre a frequência acumulada das idades de zircão obtidas e a curva resultante se a distribuição da probabilidade fosse normal (Marôco,2011).

Como resultados o Teste K-S produz um valor -D, que quando é superior a uma distância crítica (definida pelo intervalo de confiança escolhido) o teste K-S falha e as duas distribuições não têm uma origem comum (Barbeau *et al.*, 2009); do contrário considera-se que não há evidência de que as populações sejam diferentes (Guynn & Gehrels,2010). Outro resultado é um valor -p (relacionado com o nível de significância) que traduz a probabilidade do -D observado não estar relacionado com diferenças de idade, mas com o “erro de amostragem” (variabilidade da amostra aleatória em relação à amostra total) (Guynn & Gehrels, 2010).

De acordo com Barbeau *et al.* (2009), o valor aceito de -p para estudos de proveniência é 0,05 que corresponde a um intervalo de confiança de 95%. Neste caso: i) Se  $p > 0,05$ , é pouco provável que as duas amostras sejam de populações diferentes (fontes iguais); e ii) Se  $p < 0,05$ , é provável que as duas amostras sejam de populações diferentes (fontes diferentes). Outro aspecto sobre o Teste K-S é o que valor -p pode ser usado para expressar o grau de diferença entre um grupo de distribuição de idades, possibilitando uma comparação entre elas (Guynn & Gehrels,2010).

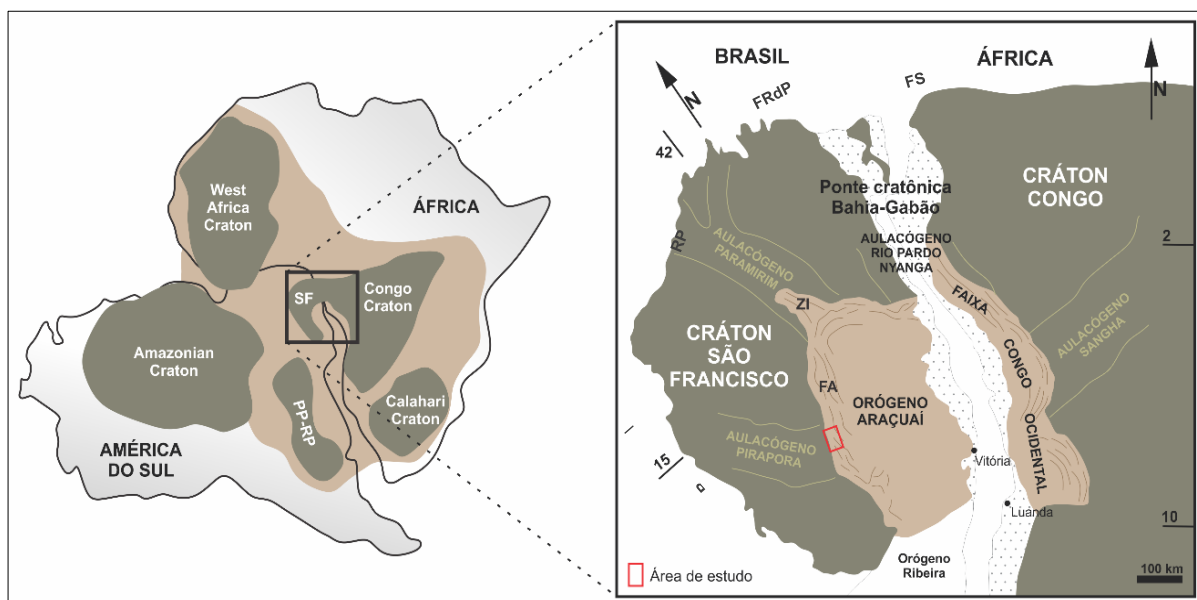


## Capítulo 2

## CENÁRIO GEOLÓGICO REGIONAL

## 2.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

Mediante a orogenia Brasileiro/Pan-africano, o paleocontinente São Francisco-Congo passou a caracterizar-se como um cráton, visto que não foi envolvido nesta tectonogênese do final do Neoproterozóico, que resultou na estruturação do Orogênio Araçuai. O Cráton do São Francisco (CSF, Figura 2.1) teve seus limites estabelecidos por Almeida (1977) e redefinidos por Alkmim *et al.* (1993) e Alkmim (2004), com atenção aos limites em torno do Aulacógeno do Paramirim. Este cráton é delimitado pelas faixas de dobramentos e cavalgamentos brasileiras Brasília, Rio Preto, Riacho do Pontal, Sergipana e Araçuai (Almeida 1977).



**Figura 2.1** - a) Blocos cratônicos paleoproterozóicos e seu atual posicionamento nas continentes Sulamericanas e Africano. b) Cráton do São Francisco e sua articulação com o Cráton do Congo através da ponte cratônica Bahia-Gabão, e faixas de dobramentos e cavalgamentos brasileiros que o circundam: FB=Brasília, FRP=Rio Preto, FRdP=Riacho do Pontal, FS=Sergipana e FA=Araçuai. Modificado de Alkmim *et al.*, 2006.

O paleocontinente São Francisco-Congo teve seu embasamento estabilizado no Paleoproterozoico, em torno de 2.05 Ga (Texeira *et al.*, 2000; Barbosa & Sabaté 2004, Noce *et al.*, 2007; Heilbron *et al.*, 2010), quando blocos cratônicos se amalgamavam em duas grandes massas continentais ao longo do globo: Laurentia e Central African Block (Cordani 2013; D'Agrella Filho & Cordani 2017). De acordo com Cruz & Alkmin (2017) e Alkmin *et al.* (2017), ao longo do Paleo- e Mesoproterozoico, enquanto acredita-se que Columbia ainda estava reunido, o paleocontinente passou por uma série de eventos intraplaca associados a formação de bacias rifte. Tais eventos extensionais estruturaram as bacias Espinhaço e Macaúbas.

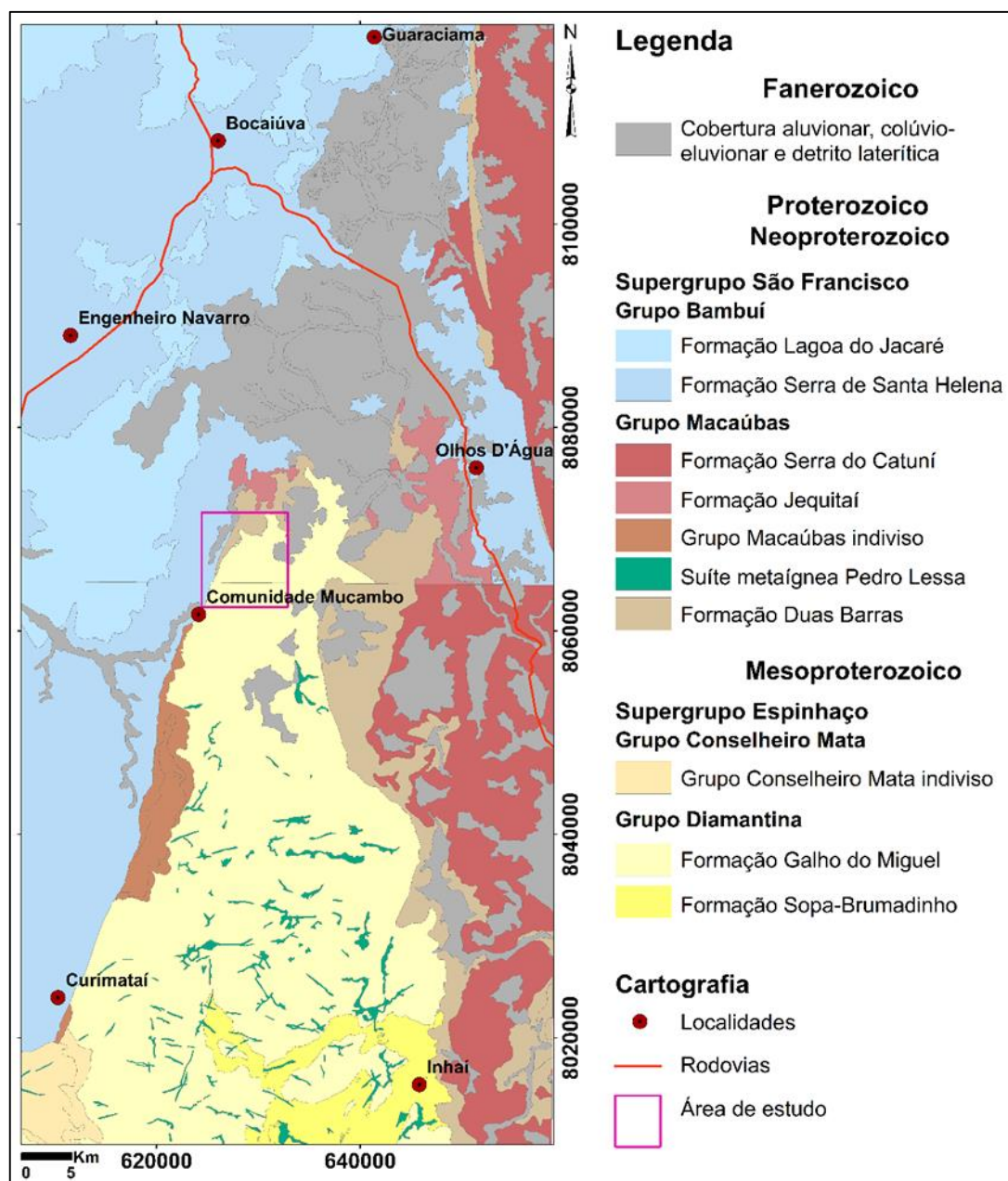
No Ediacariano inicia-se o processo de fechamento da bacia Macaúbas através do consumo do Oceano Adamastor-Brazilide e da formação do supercontinente Gondwana, no decorrer do evento neoproterozóico Brasileiro-Pan Africano (Trompette 1994, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001). O resultado deste processo é a deposição do Grupo Bambuí durante a edificação do orógeno confinado Araçuaí-Oeste Congo (Pedrosa-Soares *et al.*, 2008, Alkmim *et al.*, 2006).

Apesar dos sucessivos eventos de rifteamento experimentados pelo paleocontinente São Francisco-Congo, as contrapartes São Francisco e Congo permaneceram unidas pela ponte cratônica Bahia-Gabão (Porada 1989), não afetada pela deformação Neoproterozoica, até a abertura do oceano Atlântico no Cretáceo (*e.g.* Trompette 1994, Brito-Neves *et al.* 1999, Cordani *et al.*, 2003, Pedrosa-Soares *et al.*, 2008).

O orógeno Araçuaí é subdividido em três grandes compartimentos tectônicos: domínio de antepaís e domínios externo e interno (Uhlein *et al.*, 1991, Pedrosa-Soares & Wiedemann-Leonardos 2000, Heilbron *et al.*, 2004). O domínio de antepaís inclui a porção da cobertura do cráton do São Francisco deformada sob tectônica thin-skinned; o domínio externo ou proximal, onde se inclui a área do presente estudo, caracterizado por um sistema de empurrões com vergência de leste para oeste e com grau metamórfico crescente de oeste para leste, e de norte para sul; o domínio interno, ou distal, representa o núcleo cristalino do orógeno, onde concentram-se as rochas plutônicas sin-orogênicas e renascentes oceânicas e do arco magmático.

## **2.2 – ESTRATIGRAFIA REGIONAL**

A região abrangida por este estudo localiza-se na terminação da Serra do Espinhaço Meridional. Nesta região, as principais unidades estratigráficas aflorantes (Figura 2.2) são atribuídas ao ao Supergrupo Espinhaço (Mesoproterozoico) e ao Supergrupo São Francisco, através dos grupos Macaúbas e Bambuí (Neoproterozoico), bem como coberturas recentes (Noce & Fogaça 1996, Chaves & Andrade 2009). Dessa maneira, serão descritas abaixo principalmente as unidades aflorantes neste setor da cordilheira do Espinhaço, com as modificações incorporadas por Souza *et al.* (2019).



**Figura 2.2 - A)** Distribuição das principais unidades estratigráficas na área de estudo, onde a quadrícula norte corresponde à Folha Bocaiúva (SE-23X-C-III) e a quadrícula sul à Folha Curimatá (SE-23-X-C-VI). Modificado de Noce & Fogaça (1996) e Chaves & Andrade (2009).

### 2.1.1 Supergrupo Espinhaço na porção meridional

O Supergrupo Espinhaço foi inicialmente subdividido em oito formações definidas por Pflug (1965) a partir de estudos centrados na região de Diamantina, sendo elas da base para o topo: formações São João da Chapada, Sopa Brumadinho, Galho do Miguel, Santa Rita, Córrego dos Borges, Córrego da Bandeira, Córrego Pereira e Rio Pardo Grande. Tais formações foram rearranjadas nos grupos Diamantina e Conselheiro Mata (Figura 2.3, Dossin *et al.*, 1985, 1990), sendo a Formação Bandeirinha, posteriormente, posicionada na base do Supergrupo Espinhaço (Almeida Abreu & Pflug 1992, Silva 1995, Chemale *et al.*, 2012). Na região alvo deste estudo, dentre as unidades do Supergrupo Espinhaço, aflora exclusivamente a Formação Galho do Miguel.



**Figura 2.3** - Coluna estratigráfica do Supergrupo Espinhaço no domínio Meridional. Modificado de Dussin *et al.* (1994), Chemale *et al.* (2011, 2012) e Pedrosa-Soares & Alkmim (2011).

O pacote sedimentar da Formação Galho do Miguel pode chegar a atingir cerca de 2000m (Scholl and Fogaça 1979), sendo esta amplitude elevada resultado da mudança do regime de subsidência da bacia de mecânico (Formação Sopa-Brumadinho) para termal. A subsidência em taxas relativamente baixas, e uma vez mantido o alto suprimento sedimentar, teve como resultado a expansão da bacia em área, extrapolando inclusive os limites do rifte, avançando sobre o embasamento (Martins-Neto 2000, Alkmim *et al.*, 2017). As fácies eólicas desta unidade gradam no topo desta unidade para quartzitos marinhos até a progradação total, levando a um assoreamento significativo da bacia, marcando a transição para a fase flexural da bacia Espinhaço (Martins-Neto 1995). Dados de paleocorrente e a distribuição das litofácies sugerem uma bacia marinha rasa com linha de costa de direção aproximada N-S e paleodeclive para leste (Martins-Neto 1998).

Vitorino e Santos (2009), mapeando a área de estudo em escala 1:25000, descreveram a Formação Galho do Miguel como um pacote de cerca de 350m de espessura inferida de metarenitos de coloração branca a cinza claro, texturalmente maduros e bem selecionados, compostos basicamente por quartzo com baixa porcentagem de óxidos e mica, de grãos arredondados a subangulosos, variando entre areia fina a média. A presença de estratificações planas e cruzadas tangenciais, acanaladas e tabulares com sets variando entre 1,5 a 3m em alto ou médio ângulo, bem como marcas de corrente simétricas e assimétricas indicam um aporte sedimentar bipolar com maior concentração nas direções NW e SE. Estes definiram o ambiente deposicional como eólico sob influência marinha, onde a fácies eólica é marcada pelas estruturas cruzadas acanaladas de grande porte e alto ângulo e a fácies marinha pelas estruturas tabulares menores.

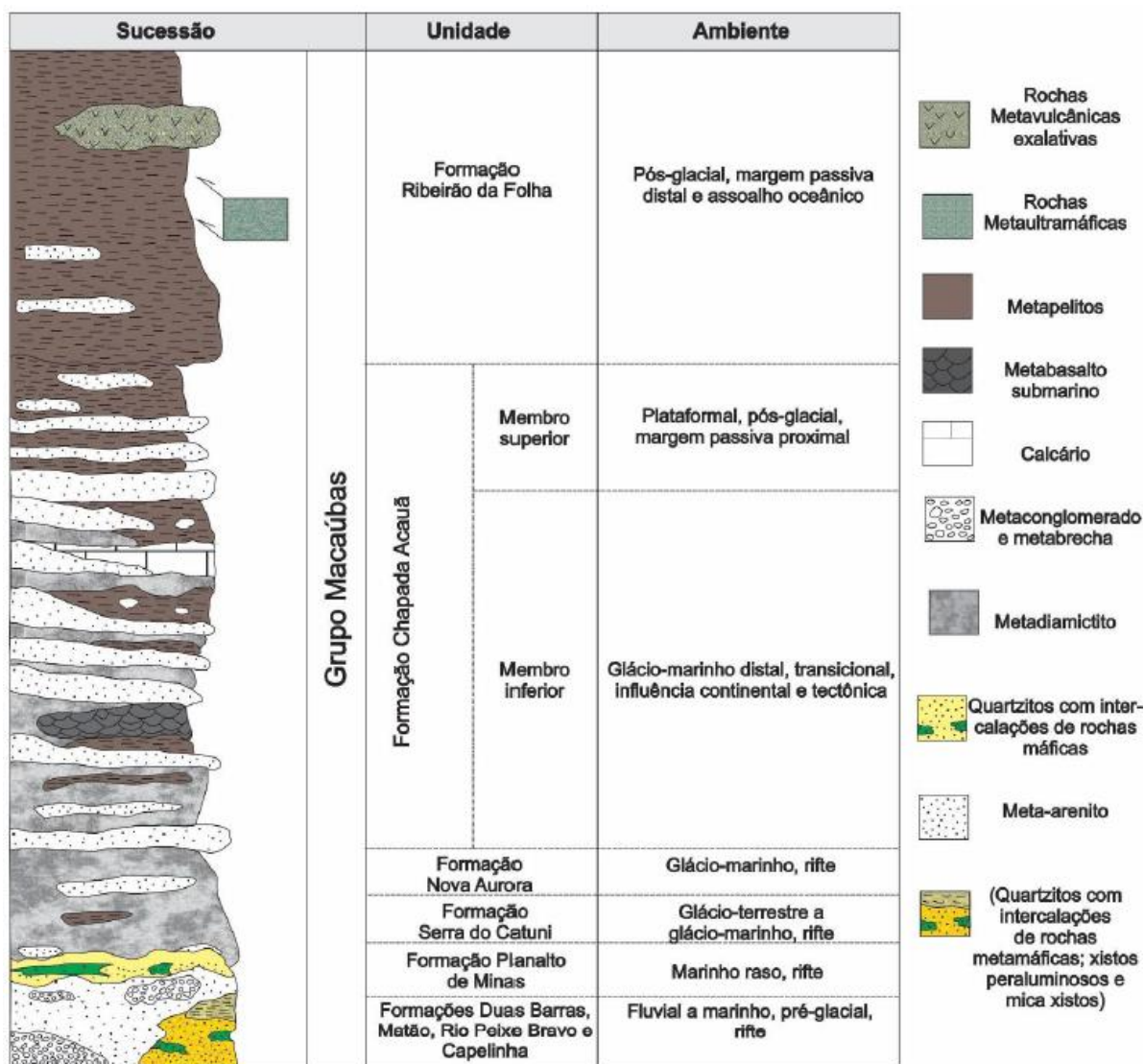
### 2.1.2 Grupo Macaúbas

O termo “Formação Macahubas” foi primeiramente utilizado por Moraes (1932), referindo-se a “phyllonitos conglomeráticos” (metadiamicritos) de grande ocorrência no norte de Minas Gerais, e designado formalmente “Grupo Macaúbas” por Schöll (1972). Mapeado regionalmente pela primeira vez no Projeto Espinhaço (Grossi-Sad *et al.*, 1997), a estratigrafia do Grupo Macaúbas vem sendo gradualmente modificada desde então (e.g. Noce *et al.*, 1997, Lima *et al.*, 2002, Gradim *et al.*, 2005, Babinski *et al.*, 2005, Pedrosa-Soares *et al.*, 2007, 2008, 2011, Martins *et al.*, 2008, Fraga 2011, Castro 2014, Souza 2016, Castro *et al.*, 2019, Souza *et al.*, 2019), passando a referir-se não apenas as unidades glaciogênicas.

Pedrosa-Soares *et al.* (2011) propuseram a subdivisão do Grupo Macaúbas em sete formações: Matão, Duas Barras, Rio Peixe Bravo, Serra do Catuní, Nova Aurora, Chapada Acauã e Ribeirão da Folha. Posteriormente, mais duas unidades tonianas foram redefinidas e reposicionadas na coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas (Figura 2.4), sendo elas a Formação Capelinha (Castro 2014, Castro *et al.*, 2019) e a Formação Planalto de Minas (Souza 2016, Souza *et al.*, 2017), ambas unidades metavulcano-sedimentar relacionadas a pulsos distintos de rifteamento tonianos da bacia Macaúbas. Mais recentemente, Souza *et al.* (2019) propuseram que as formações Matão e Duas Barras fossem tratadas como uma única formação, tendo em vista sua conexão genética e ambiente deposicional.

O Grupo Macaúbas foi entendido como uma única sequência, registrando a evolução de um rifte continental até a fase de margem passiva, com parcial influência glacial (Karfunkel & Hoppe 1988, Noce *et al.*, 1997, Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2011, Martins-Neto & Hercos 2002, Babinski *et al.*, 2012, Uhlein *et al.*, 1998, 2007). A partir da classificação regional adotada por Noce *et al.* (1997) e atualizada até o presente para o setor aqui estudado, o Grupo Macaúbas abrange pelo menos três estágios evolutivos (Kuchenbecker *et al.*, 2015): Toniano I (ca. 950-900 Ma, Castro *et al.*, 2019, Souza *et al.*, 2019), Toniano II (ca. 890Ma, Souza 2016, Souza *et al.*, 2017, Souza 2019), e Criogeniano (ca. 750-640 Ma, Queiroga *et al.*, 2007, Pedrosa-Soares & Alkmim 2011, Amaral *et al.*, 2020).





**Figura 2.4** - Coluna estratigráfica do Grupo Macaúbas. Modificado de Pedrosa-Soares *et al.* (2008, 2011), Castro *et al.* (2014), e Souza (2016).

O objetivo geral deste projeto é determinar as relações entre tectônica e sedimentação das unidades do Grupo Macaúbas aflorantes na terminação periclinal da serra do Espinhaço Meridional. Desta forma, abaixo será realizada uma descrição mais detalhada a respeito destas unidades, a saber: Formação Matão, Formação Duas Barras e Formação Serra do Catuni.

#### 2.1.2.1 Unidades tonianas - fase I (ca. 950-900Ma)

A terminologia Formação Matão foi primeiramente utilizada por Karfunkel & Karfunkel (1976) denominando uma unidade composta por quartzitos puros a micáceos similares aos quartzitos da Formação Resplandecente (Supergrupo Espinhaço, Domínio Setentrional) na anticlinal de Itacambira. Martins *et al.* (2008) redefiniram a Formação Matão em sua área tipo, no flanco oeste da anticlinal de Itacambira, posicionando-a como a sequência rifte da bacia Macaúbas. Para tanto, estes autores basearam-se em dados estratigráficos, como a discordância erosiva regional descontínua na base com a Formação Resplandecente, e na idade máxima de sedimentação de ca. 1.16 Ga (Martins *et al.*, 2008,

Leite 2013). Leite (2013), atribuiu toda a sedimentação relacionada as brechas, conglomerados e quartzitos como uma unidade inferior pertencente a Formação Duas Barras, associada à leques aluviais.

A Formação Matão registra uma sedimentação sob condições tectônicas instáveis relacionadas ao estágio inicial de rifteamento da bacia Macaúbas, em ambiente fluvial-marinho raso, durante um episódio transgressivo (Martins *et al.*, 2008). Esta unidade é constituída por metabrechas e metaconglomerados monomíticos, variando de matriz a clasto suportados. Os clastos de quartzitos, muitas vezes estratificados, variam de seixos a matacões. Sobrepondo esta facies por uma discordância erosiva interna, um nível superior apresenta granodecrescência ascendente transicionando para quartzitos de granulação grossa, contendo localmente intercalações de conglomerados monomíticos. São observadas estratificações cruzadas de baixo ângulo, estratificações cruzadas tabulares truncadas na base e no topo por estratificações plano-paralelas, com padrão global de paleocorrentes é unipolar indicando aporte sedimentar para WNW (Martins *et al.*, 2008).

Esta mesma unidade foi identificada na Serra Mineira, fechamento periclinal da Serra do Espinhaço Meridional, por Vitorino & Santos (2009) que descreveram um pacote de conglomerado e brechas com características muito similares às descritas por Martins (2008) sob discordância erosiva com os quartzitos eólicos da Formação Galho do Miguel (Supergrupo Espinhaço, Domínio Meridional). Nesta localidade, sobrepondo as metabrechas, ocorre um espesso pacote de quartzitos imaturos, ricos em óxidos de ferro e sericita de granulação variando de fina a média, e com padrão global de paleocorrente indicando aporte sedimentar na direção SE.

A Formação Matão grada lateral e verticalmente, para a Formação Duas Barras, ou de forma tectonizada para a Formação Planalto de Minas, conforme Souza (2016). A Formação Duas Barras foi anteriormente descrita como Formação Califorme por Karfunkel & Karfunkel (1976), e como Unidade A, da base do Grupo Macaúbas, por Hettich (1975) na Folha Carbonita. Posteriormente esta unidade foi descrita por Noce *et al.* (1993) com a atual nomenclatura. Atualmente a Formação Duas Barras é cartografada bordejando a Serra do Espinhaço Meridional a leste e em seu fechamento periclinal (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Fraga 2013), bem como bordejando a anticlinal de Itacambira e na porção oeste da mesma (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Martins *et al.*, 2008; Leite 2013).

A Formação Duas Barras compõe-se de quartzitos de granulação média a grossa, contendo níveis conglomeráticos e intercalações filíticas subordinadas. Os quartzitos são mal selecionados e impuros, contendo variável quantidade de mica, feldspato, óxido de ferro e fragmentos líticos. Filitos quartzosos, de cor amarelada ou cinzentos podem ocorrer, mais raramente, com vários metros de espessura, intercaladas nos quartzitos (Martins *et al.*, 2008, Leite 2013). Leite (2013) interpretou a associação de fácies da Formação Duas Barras como um depósito fluvial entrelaçado com fluxo de lençol relacionado ao estágio rifte da bacia Macaúbas, sob condições relativamente mais estáveis que da Formação Matão.

O acamamento nesta unidade é definido pelos níveis conglomeráticos e por estratos cruzados tangenciais de baixo ângulo e de pequeno porte, sendo possível observar marcas de ondas assimétricas. (Martins 2006, 2008, Noce *et al.*, 1997, Leite 2013). As paleocorrentes bidirecionais do fluxo sedimentar da Formação Duas Barras apontam uma mudança de regime geral dos rios, que a medida que a bacia evolui, tendem se tornarem axiais a mesma (Leite 2013).

Em ambos domínios serranos, Meridional e Setentrional, as metabrechas da Formação Matão sobrepõem os metarenitos do Supergrupo Espinhaço através de uma discordância erosiva regional, e grada lateral e verticalmente para os metarenitos da Formação Duas Barras, que por sua vez, têm o contato de topo com as unidades glaciogênicas de caráter discordante, não havendo até então menção na literatura se esta unidade faz contato direto com a Formação Planalto de Minas (Noce *et al.*, 1997, Martins *et al.*, 2008, Vitorino & Santos 2009, Leite 2013, Souza 2019).

Souza *et al.* (2019) reconheceram duas associações de fácies compostas por seis litofácies distintas resultantes de fluxo de gravidade e lençóis de areia formados em ambientes fluviais e aluviais. A correlação genética entre estas litofácies levaram estes autores a interpreta-las como uma única unidade, a Formação Matão-Duas Barras, depositada sob influência de tectônica extensional ativa, associada a falhamento normais. O presente estudo irá adotar a proposta destes autores e considerar as formações Matão-Duas Barras como uma única unidade. A idade máxima de sedimentação para Formação Duas Barras presente na literatura é *ca.* 900 Ma (Babinski *et al.*, 2012).

#### 2.1.2.2 Unidades criogenianas (*ca.* 750-640 Ma)

A Formação Serra do Catuní ocorre sobrepondo a Formação Duas Barras através de uma expressiva discordância erosiva regional, e representa uma fase erosiva que afetou as unidades do rifteamento toniano e possibilitou a deposição dos sedimentos glaciais (Alkmim 2017). Contudo, também são observados contatos normais e tectônicos, ocorrendo inclusive diretamente sobre rochas do Superegrupo Espinhaço (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce, 1997). Esta expressiva unidade ocorre por mais de 400Km na direção N-S ao longo da fronteira oeste do orógeno Araçuai e corresponde a sucessão glaciogênica mais proximal do Grupo Macaúbas (Karfunkel & Hoppe 1988, Uhlein *et al.*, 1999, Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

De maneira mais disseminada, postula-se a correlação lateral entre as formações Jequitaiá, no domínio cratônico, e Serra do Catuní, na limite cráton-faixa Araçuai. Esta variação é entendida como uma transição lateral de oeste para leste das fácies glacio-terrestres para glacio-marinhas (Karfunkel e Hoppe, 1988; Martins-Neto *et al.*, 2001; Pedrosa-Soares *et al.*, 2008; Uhlein *et al.*, 1999, Kuchembecker 2015), apesar de não existir um limite estritamente definido entre estes ambientes (Cukrov *et al.*, 2005).

A Formação Serra do Catuní é composta por pacotes de metadiamicititos maciços de diferentes espessuras com subordinadas intercalações de metarenitos e metapelitos. São descritos clastos de quartzito, quartzo hialino, carbonatos, gnaiss, granitóide e filito; variando a granulometria de grânulo



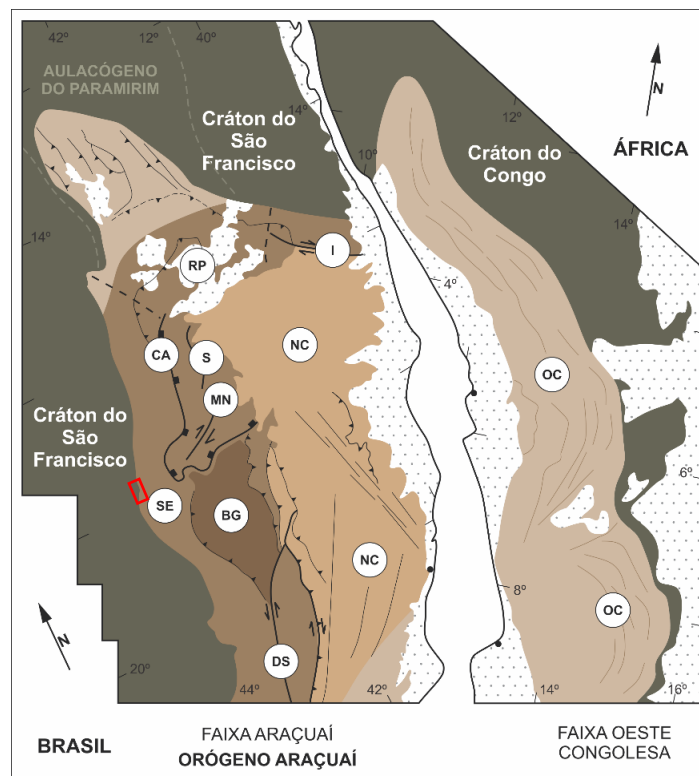
a matacão, imersos em uma matriz pelítica ou arenosa, bem como feições como dropstones e flat-iron-shape (Karfunkel e Hoppe, 1988, Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce, 1997). As lentes de metarenito maciço com até 2 m de espessura aparecem principalmente na parte superior da pilha de diamictitos (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Martins, 2006).

Regionalmente, os diamictitos da Formação Serra do Catuní gradam vertical e lateralmente para aqueles da Formação Chapada Acauã Inferior, composta por diamictitos estratificados, metarenitos gradados e pelitos, resultantes da variação entre fluxos de detritos e turbiditos. Ambas unidades são consideradas registros do mesmo evento glacial (Karfunkel e Hoppe, 1988; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 2008; Uhlein *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, Babinski *et al.*, 2012). A Formação Chapada Acauã Superior marca a transição da bacia Macaúbas para margem passiva, logo após o evento glacial do Criogeniano, sendo as unidades Chapada Acauã Superior e Ribeirão da Folha as únicas contendo zircões detríticos de idade Criogeniana (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011, Babinski *et al.*, 2012, Kuchenbecker *et al.*, 2015, Castro *et al.*, 2019).

As poulações mais novas de zircões detríticos para a Formação Serra do Catuní são de *ca.* 930 Ma (Babinski *et al.*, 2012). Entretanto, os diamictitos do Grupo Macaúbas são considerados correlacionáveis com as unidades glaciais encontradas no Cráton São Francisco (Formação Jequitaiá, *ca.* 880 Ma; Rodrigues 2008) e aos níveis diamictíticos encontrados no Cinturão do Congo Ocidental (Pedrosa-Soares 2011, Babinski *et al.*, 2012) atribuídos à glaciação Sturtiana (Tack *et al.*, 2001; Frimmel *et al.*, 2006). No presente trabalho consideramos como idade de deposição para esta unidade, a idade máxima de deposição de *ca.* 667 Ma (Castro 2019) atribuída a um nível glacial (com a presença de *dropstones*) da Formação Chapada Acauã.

## 2.2 ARCABOUÇO ESTRUTURAL

Alkmim *et al.* (2006, 2007) subdividiram o orógeno Araçuaí em dez compartimentos tetônicos, considerando a evolução cinemática e a orientação das estruturas dominantes (Figura 2.5), sendo eles: i) o Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional, ii) a Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã, iii) a zona de dobramentos de Salinas, iv) o Corredor Transpressivo de Minas Novas, v) a saliência do Rio Pardo e sua zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim, vi) o Bloco de Guanhanes, vii) a Zona de Cisalhamento de Dom Silvério e estruturas associadas, viii) a Zona de Cisalhamento de Itapebi e estruturas associadas, ix) o núcleo cristalino (correspondente a porção interna do orógeno) e x) o Cinturão Oeste-Congolês. A área do presente projeto está inserida no domínio externo do Orógeno Araçuaí, no Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional.

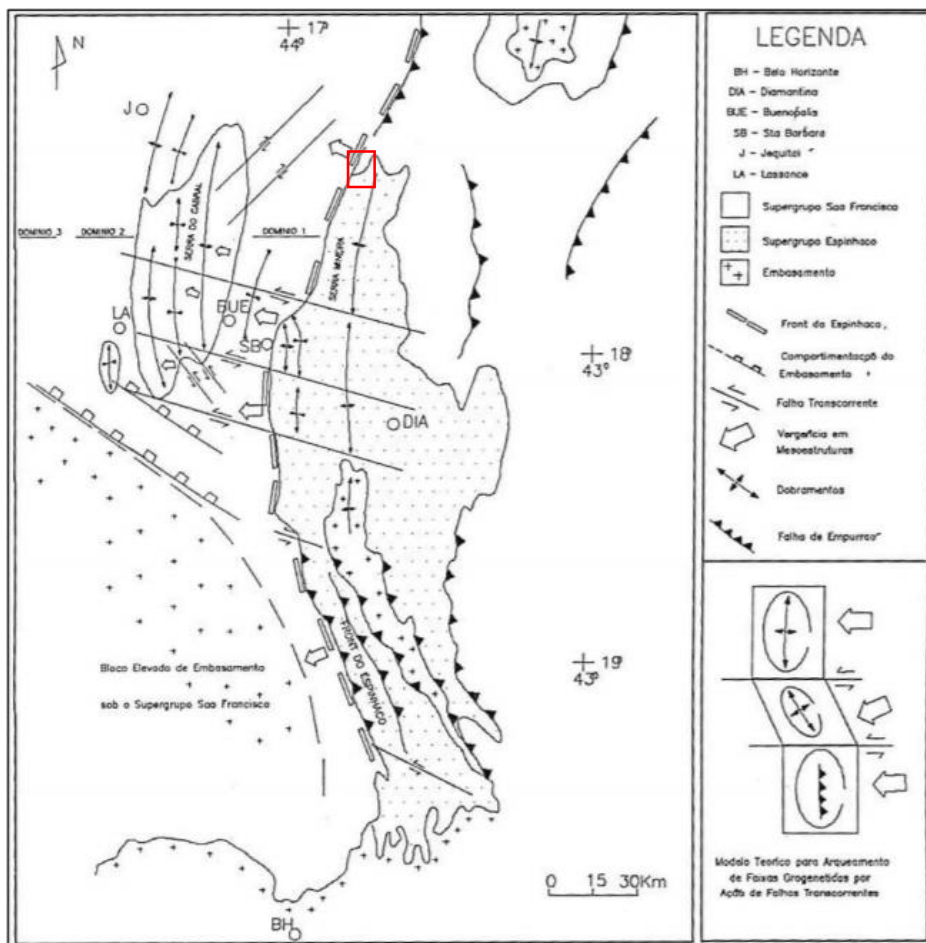


**Figura 2.5** - Compartimentação do orógeno Araçuai. SE: Cinturão de Cavalgamentos da Serra do Espinhaço Meridional; CA: Zona de Cisalhamento da Chapada Acauã; S: Zona de dobramentos de Salinas; MN: Corredor transpressivo de Minas Novas; RP: Saliência do Rio Pardo e zona de interação com o Aulacógeno do Paramirim; BG: Bloco de Guanhões; DS: Zona de Cisalhamento de Dom Silvério; I: Zona de Cisalhamento de Itapebi; NC: núcleo cristalino; OC: Faixa Oeste-Congoleza. Modificado de Alkmim *et al.* (2007). O retângulo em vermelho destaca a área de estudo.

No domínio do Cinturão de Dobras e Cavalgamentos da Serra do Espinhaço, são envolvidas na deformação rochas do embasamento cristalino arqueano-paleoproterozóico, as supracrustais do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas e intrusivas básicas da suíte Pedro Lessa. Caracteriza este domínio o predomínio de dobramentos, e falhas de empurrão e reversas de orientação N-S, geradas em até duas fases deformacionais co-axiais, sob esforço compressivo E-W. Uma tendência regional de foliação (S1) com mergulhos moderados para leste, lineações de estiramento na direção E-W, bem como indicadores cinemáticos associados com estas estruturas, indicam transporte tectônico de leste para oeste, contra o domínio cratônicos (Uhlein *et al.*, 1991, 1998, Dussin & Dussin 1995, Grossi-Sad *et al.*, 1997, Alkmim *et al.*, 2007). A maioria das grandes falhas da região, em especial falhas reversas e falhas de empurrão que envolvem o embasamento, correspondem a falhas normais invertidas sob o regime compressional (Alkmim *et al.*, 1996, 2017).

Segundo Souza Filho (1995) a deformação na região é acomodada por amplas culminações antiformais e depressões sinformais, com formas abertas e cônicas, exibindo vergência para oeste, e em sistemas de falhas obliquas e direcionais (Figura 2.6). As charneiras das dobras apresentam duplo caimento em torno das direções N15E e S15W, com desvios para NNW e SSE. Na Serra Mineira, ocorre uma culminação antiformal, em forma de braquiantiformal, com linha de charneira oscilante

mergulhando para norte, que no seu fechamento à norte, a partir de Curimataí, expõe basicamente a Formação Galho do Miguel (Souza Filho 1995).



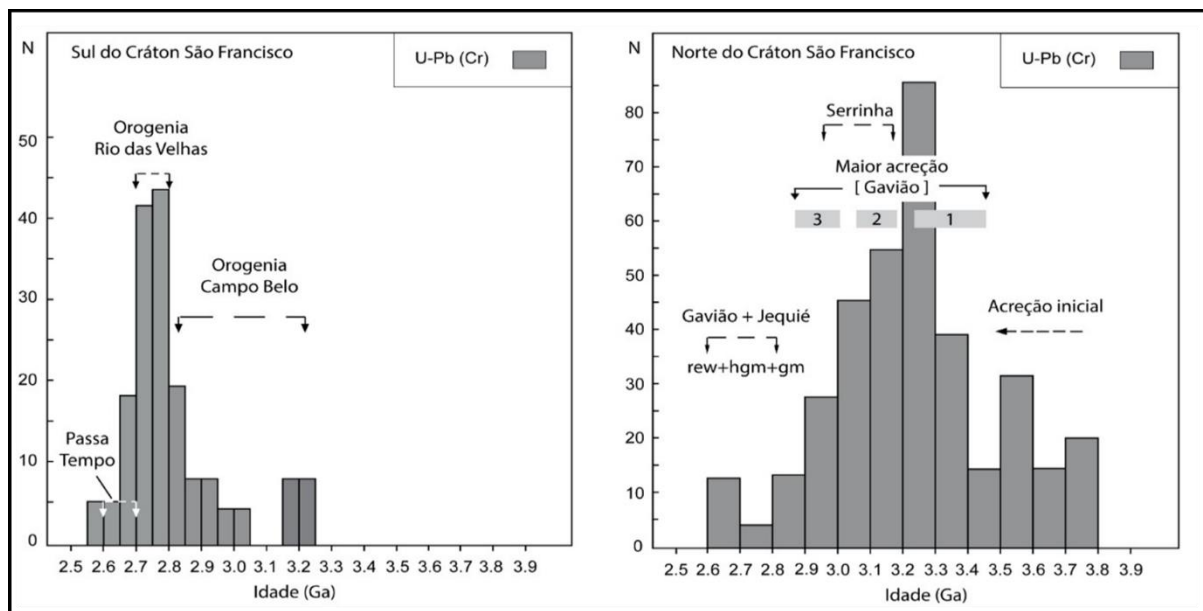
**Figura 2.6** - Front do Espinhaço e suas principais feições. Retirado de Souza Filho (1995). O retângulo em vermelho destaca a área de estudo do presente trabalho.

Este mesmo autor (Souza Filho, 1995), atribuiu a curvatura do *front* da Serra do Espinhaço Meridional, a falhas de componentes direcionais, de direção principal N70W e N50W, formadas em direção ao braço de rifte abortado no interior do domínio de antepaís e anteparadas ao sul pelo alto de Sete Lagoas, e classifica tais estruturas como falhas de transferências, de cinemática sinistral (Figura 2.6). Os lineamentos WNW são predominantes e estão relacionados aos rasgamentos sinistrais, os NW (sinistral) e NE (destal) são relacionados a um par cisalhante e aqueles NNW são relacionadas a reflexos das bandas cisalhantes sinistrais, charneiras de dobras ou traços de clivagem e falhas reversas.

## 2.3 SÍNTESE DOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS

Com o avanço dos métodos e técnicas de datação de rochas, diversos trabalhos vêm sendo realizados na tentativa de elucidar o modelo de evolução das bacias sedimentares ao longo do tempo geológico e aferir o posicionamento estratigráfico das unidades supracrustais. Estudos dessa natureza têm sido igualmente realizados ao longo de todo o Cráton São Francisco, bem como nas unidades que recobrem o Orogênio Araçuai, como o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Macaúbas.

O paleocontinente São Francisco-Congo se originou a partir da aglutinação e estabilização de blocos crustais de idades de cristalização arqueanas a paleoproterozoicas que hoje ocorrem no embasamento do cráton São Francisco (Figura 2.7, Teixeira *et al.*, 2000), bem como no embasamento dos orógenos que o bordejam (eg. Noce *et al.*, 2007, Silva *et al.*, 2002), além de diversos corpos plutônicos que intrudiram o embasamento durante este episódio de amalgamação.



**Figura 2.7** - Histogramas apresentando idades dos episódios de crescimento e reciclagem crustal nas porções Sul e Norte do Cráton São Francisco, baseados em idades U-Pb de cristalização (Adaptado de Teixeira *et al.*, 2000).

Após sua estabilização durante o Orosiriano/Riáciano, o paleocontinente São Francisco-Congo experimentou uma série de tentativas de quebra associadas com plutonismo anorogênico, vulcanismo máfico-ultramáfico e enxames de diques máficos, além da geração e desenvolvimento das bacias Espinhaço e Macaúbas até seu total rompimento durante o Neoproterozóico. Abaixo, apresentamos uma síntese dos dados de geocronologia U-Pb disponíveis na literatura acerca do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas na porção Meridional da Serra do Espinhaço (Figura 2.8), sendo idades máxima de sedimentação obtidas em zircão detríticos para rochas sedimentares e idades de cristalização no caso de rochas ígneas.

Síntese dos dados de geocronologia U-Pb realizadas nas unidades do Superggrupo Espinhaço e Grupo Macaúbas na Serra do Espinhaço Meridional				
		Unidade	Litotipo	Idade (Ma)
Superggrupo São Francisco	Grupo Macaúbas	Fm. Ribeirão da Folha	Veios de plagiogranito	645 ± 10* (Queiroga, 2010; Amaral et al. 2020), 650* (Queiroga et al. 2007, 2010)
		Fm. Chapada Acauã	Metadiamictitos	864 ± 30** (Pedrosa-Soares et al. 2000) 743 ± 7** (Kuchenbecker et al. 2015), 750-667** (Castro 2019)
		Fm. Serra do Catuni	Metadiamictitos	933 ± 8** (Babinski et al. 2012) 1227 ± 14** (Kuchenbecker et al. 2015)
		Fm. Planalto de Minas	Metarenito / Xisto verdes	880 ± 4** Ma / 889 ± 10* (Souza 2016)
		Fm. Capelinha	Metarenito / Orto-anfibolito	949 ± 12** / 957 ± 14* (Castro et al. 2019)
		Fm. Matão-Duas Barras	Metarenitos	900 ± 21** (Babinski et al. 2012), 1079 ± 16** (Chemale et al. 2012), 1156 ± 51** (Souza et al. 2019), 1177 ± 30** (Martins et al. 2008)
		Suíte Pedro Lessa	Dikes metamáficos	906 ± 2 Ma* (Machado et al. 1989) 933 ± 20* (Queiroga et al. 2012) 939 ± 7* Ma (Souza 2016)
Superggrupo Espinhaço	Grupo Conselheiro Mata	Fm. Rio Pardo Gande	Metarenitos	1453 ± 25** (Chemale et al. 2012)
		Fm. Córrego Pereira	Metarenitos	1329 ± 12** (Chemale et al. 2012)
		Fm. Córrego dos Borges	Metarenitos	1379 ± 15** (Chemale et al. 2012), 1400** (Lopes 2012)
		Fm. Santa Rita	Metarenitos	1487 ± 40** (Chemale et al. 2012), 1400** (Lopes 2012)
	Grupo Diamantina	Fm. Galho do Miguel	Metarenitos	1300** (Lopes, 2012), 1862 ± 16** (Chemale et al. 2012)
		Fm. Sopa-Brumadinho	Matriz tufácea de metaconglomerados	1080 ± 16** (Chemate et al. 2012)
		Fm. São João da Chapada	Filito Hematítico	1703 ± 12*** (Chemate et al. 2012)
Embasamento arqueano-paleoproterozóico			Suíte Borrachudos	1729 ± 14* (Dossin 1993), 1740 ± 8* (Silva et al. 2002)
			Suíte Paciência	2053 ± 6* (Bersan et al. 2018)
			Suíte Rio Itacambirucu	2657 ± 25* (Silva et al. 2016)
			Complexo Gouveia	2839* (Machado et al. 1989)
			Bloco Guanhões	2867 ± 10* Ma, 2711 ± 11* Ma, 2710 ± 6* Ma (Silva et al. 2002)
			Bloco Porteirinha	3371 ± 6* (Silva et al. 2016)

\* idade de cristalização \*\*idade máxima de sedimentação (zircão detrítico) \*\*\*idade mínima de sedimentação (zircão magmático)

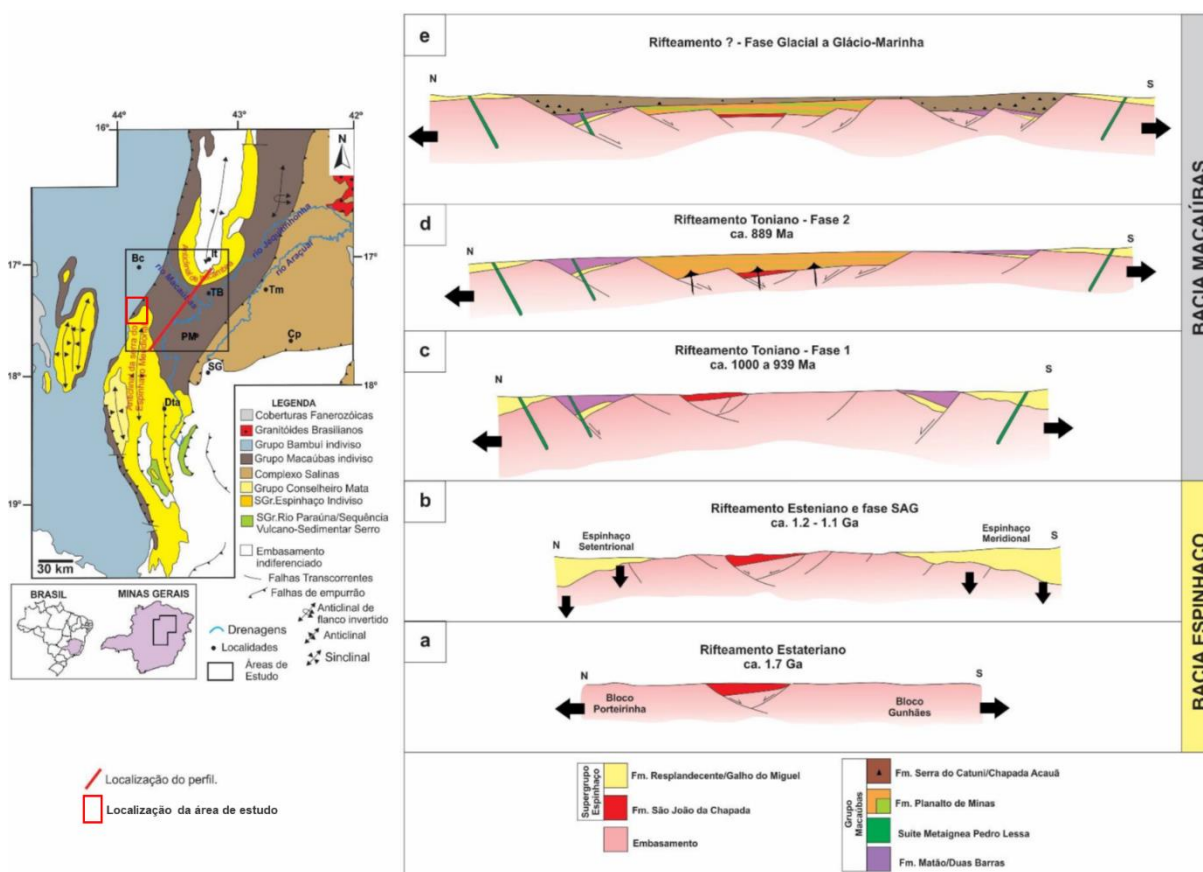
**Figura 2.8** - Síntese dos dados de geocronologia U-Pb realizadas nas unidades do Superggrupo Espinhaço e Grupo Macaúbas na Serra do Espinhaço Meridional.

## 2.4 EVOLUÇÃO POLICÍCLICA DA BACIA MACAÚBAS NA ÁREA DE ESTUDO

Durante o Neoproterozoico, após as contínuas tentativas de quebra do paleocontinente São Francisco-Congo através da bacia Espinhaço, o CSF foi intrudido por diques máficos da Suíte Metaígneia Pedro Lessa (905-930Ma, Machado *et al.*, 1989, Souza 2016). Tal evento magmático é parte do registro das tentativas iniciais de abertura da bacia Macaúbas. A fase rifte continental da bacia desenvolveu-se entre *ca.* 905 e 950 Ma (Pedrosa-Soares *et al.*, 2008, Silva *et al.*, 2008, Souza *et al.*, 2017) e seu registro sedimentar é representado pelas unidades siliciclásticas basais e proximais do Grupo Macaúbas e pela sequência metavulcano-sedimentar do Grupo Capelinha (957 Ma, Castro *et al.*, 2019).

O segundo estágio de evolução da bacia Macaúbas corresponde à evolução da fase rifte, com importante participação magmática, caracterizando o eixo termal de tal rifteamento, registrada na Formação Planalto de Minas. Este evento magmático, de idade toniana (*ca.* 889 Ma Souza, 2016), se encontra amplamente registrado na porção central dos segmentos da Serra do Espinhaço (Souza 2016). De tal forma, esta região permaneceu como um alto estrutural ou área de não deposição do Estateriano até o Toniano, evidenciando existência de depocentros isolados na bacia (Souza *et al.*, 2019).

Um terceiro e último estágio de rifteamento, possibilitou a deposição de sedimentos glaciomarinheiros de idades ainda expeculativas: sturtiana (*ca.* 750 Ma, Babinski *et al.*, 2012) ou marinoana (*ca.* 630 Ma, Caxito *et al.*, 2012). A evolução desta bacia para duas margens passivas, gerou um grande golfo com construção de assoalho oceânico em torno de 660 Ma (Queiroga *et al.*, 2007, Pedrosa-Soares *et al.*, 2007). A Figura 2.9 ilustra a evolução da bacia Macaúbas através de um perfil esquemático entre a Serra do Espinhaço Meridional e a Serra do Espinhaço Setentrional.



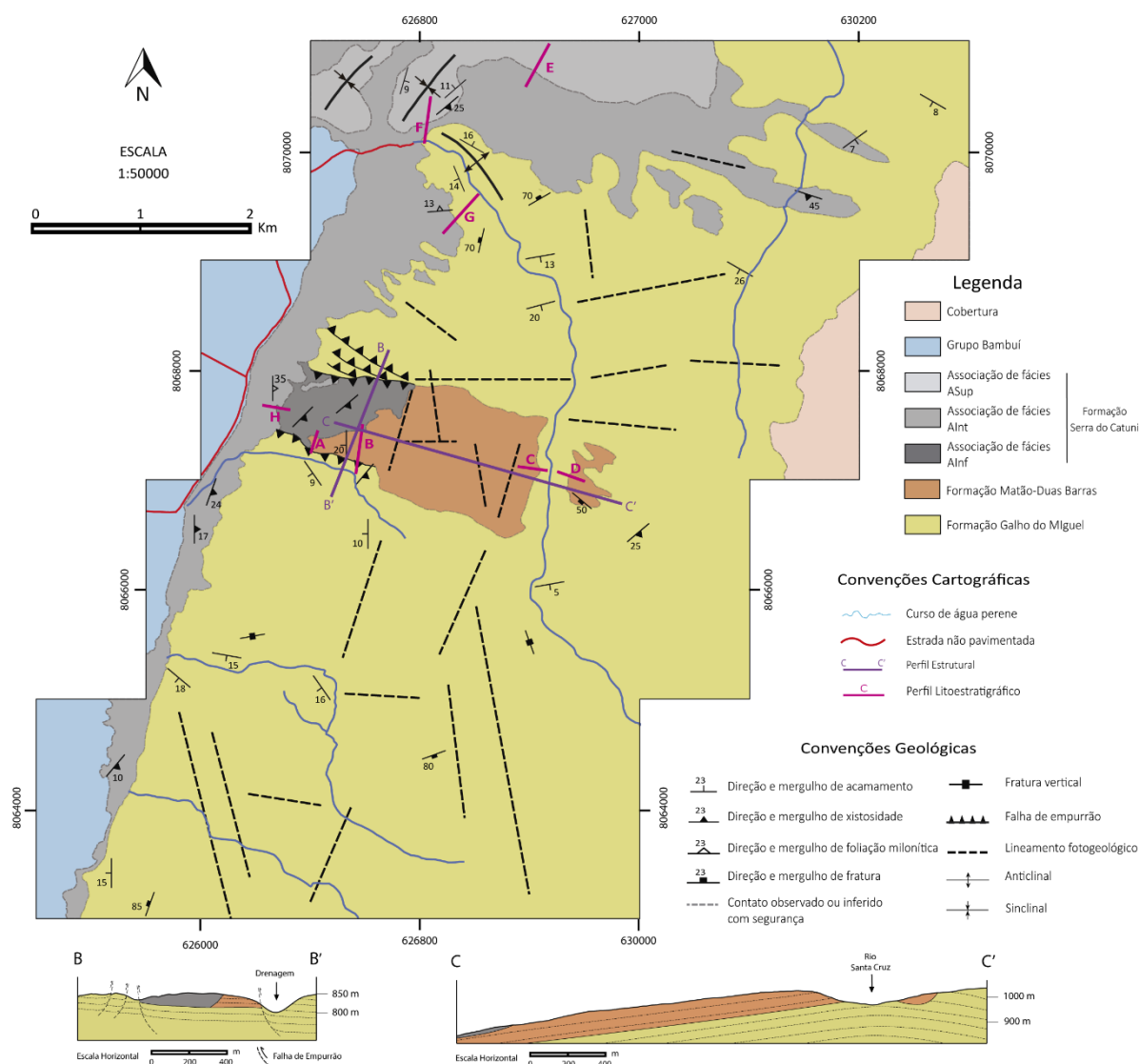
**Figura 2.9** - Modelo de evolução policíclica da bacia Macaúbas entre os segmentos meridional e setentrional da Serra do Espinhaço. Retirado de Souza (2016)



## Capítulo 3

### GEOLOGIA LOCAL

Este capítulo tem como objetivo apresentar a geologia local da área de estudo, região periclinal da Serra do Espinhaço Meridional entre os municípios de Olhos D'Água e Engenheiro Navarro, abrangendo seus aspectos estratigráficos e estruturais que se encontram integralizados no mapa geológico (Figura 3.1.), bem como nas seções geológicas e perfis estratigráficos apresentados nos itens a seguir.



**Figura 3.1** - Mapa geológico simplificado da área de estudo, originalmente elaborada em escala 1:25.000. A versão completa do mapa encontra-se disponível no Apêndice I.



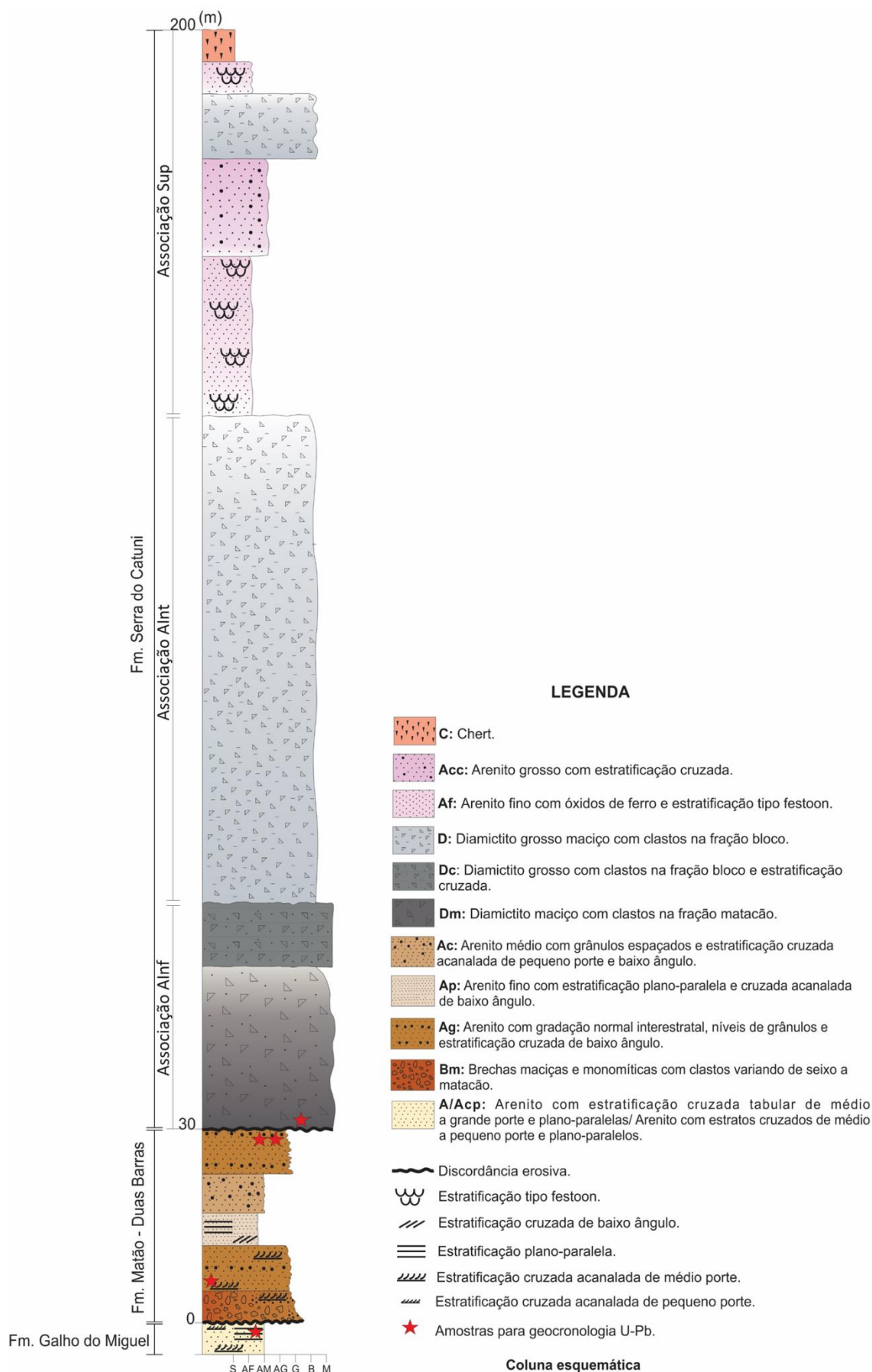
### 3.1 – ESTRATIGRAFIA DA TERMINAÇÃO PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

Observa-se na área de estudo que as estruturas sedimentares se encontram muito bem preservadas, tendo experimentado um metamorfismo de fácies xisto verde baixo. Considerando o cunho do presente trabalho, e visando uma classificação petrográfica baseada nas características sedimentares das rochas, optou-se pela omissão do prefixo “meta”, e pela utilização da nomenclatura convencional de rochas sedimentares.

Foram reconhecidas três formações distintas, delineadas na escala de mapeamento (Figura 3.1), a saber: Formação Galho do Miguel (Grupo Diamantina, Supergrupo Espinhaço) e formações Matão-Duas Barras e Serra do Catuní (Grupo Macaúbas, Supergrupo São Francisco). Foram individualizadas e caracterizadas doze litofácies, apresentadas na Tabela 3.1, bem como descritas as relações de contato entre elas, quando observadas (Figura 3.2). Os perfis realizados na Formação Serra do Catuní possibilitaram a individualização desta em três associações litofaciológicas distinguíveis em escala de mapa, denominadas de Associação Inferior (AIf), Associação Intermediária (Air) e Associação Superior (ASp).

**Tabela 3.1** - Síntese das litofácies descritas na região periclinal da Serra do Espinhaço Meridional

UNIDADE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
Formação Serra do Catuní	C	Chert
	ASup	
	Acc	Arenito de granulometria areia grossa com níveis contendo grãos variando de grânulos a seixo. Possui estratificação cruzada.
	Af	Arenito de granulometria fina com óxidos de ferro e estratificação cruzada do tipo festoon.
	AInt	
	D	Diamictito maciço com clastos com moda na fração bloco (<10 cm).
Formação Matão-Duas Barras	AInf	
	Dc	Diamictito com clastos com moda na fração bloco (<20 cm), por vezes apresentando estratificação cruzada.
	Dm	Diamictito maciço com clastos atingindo a fração matacão.
	Ac	Arenito de granulometria variando de areia média a grossa, com presença de grânulos espaçados com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte e baixo ângulo.
Formação Galho do Miguel	Ap	Arenito de granulometria areia fina com estratificações plano-parelas e subordinadamente estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo e pequeno porte.
	Ag	Arenitos imaturos, variando de areia média a grossa, apresentando estratificações cruzadas tangenciais de pequeno a médio porte, com gradação intraestratal e níveis conglomeráticos.
	Bm	Brechas maciças, monomíticas, com clastos de arenito variando da fração seixo a matacão.
	Acp	Arenitos de granulometria areia média, com estratos cruzados de médio a pequeno porte, e estratos plano-paralelos subordinados e com camadas de topo e base suavemente ondulados.
	A	Arenitos puros com granulometria de fina a média, com marcas de corrente assimétricas, estratificações cruzadas tabulares de médio a grande porte e estratificações plano-paralelas.



**Figura 3.2** - Coluna esquemática da área de estudo, elaborada a partir dos levantamentos estratigráficos em escala 1:100 e do mapa geológico em escala 1:25.000.

### 3.1.1 Formação Galho do Miguel

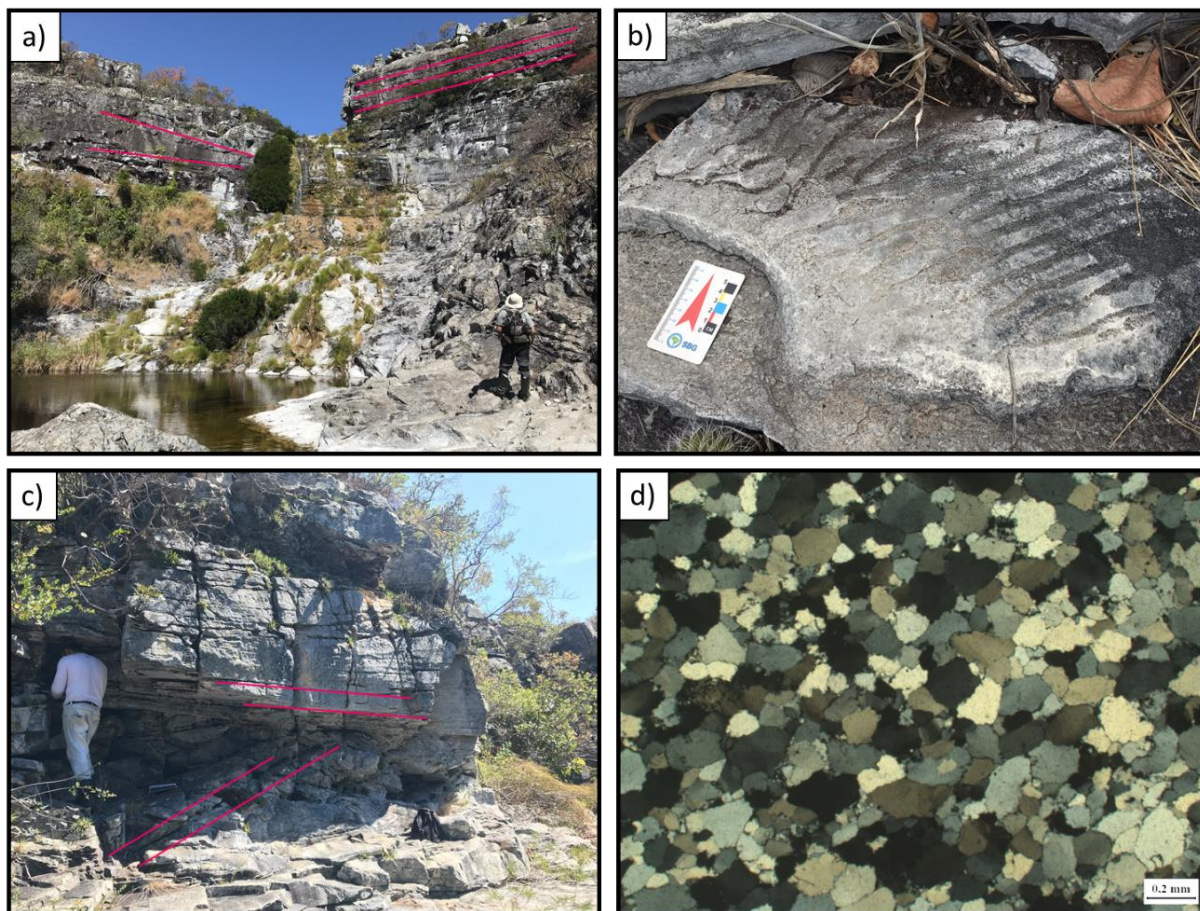
A Formação Galho do Miguel compõe o embasamento local e aflora de maneira quase predominante em toda a área mapeada, ocupando aproximadamente 70% (32 km<sup>2</sup>) da mesma. Ocorre no domínio serrano, sustentando as cotas de maiores altitudes, superiores a 900m, em uma faixa de direção N-S. Estima-se a espessura aflorante em torno de 280m. O contato superior da Formação Galho do Miguel ocorre com rochas da Formação Matão-Duas Barras e Formação Serra do Catuní, em ambos os casos, o contato é erosivo e discordante.

Tratando-se do embasamento local, todos os perfis levantados partiram desta unidade, o que permitiu a individualização de duas fácies distintas da Formação Galho do Miguel na área de estudos, detalhadas a seguir.

#### *Litofácies A*

A litofácies A é caracterizada por um espesso pacote de arenito de cor esbranquiçada, alta maturidade textural e mineralógica, sendo composto predominantemente por quartzo. Os grãos de quartzos variam de subarredondados a bem arredondados, possuem alta esfericidade, e granulometria variando de fina a média, podendo apresentar porções com bimodalidade granulométrica. Esta unidade apresenta estruturas sedimentares bem preservadas como marcas de corrente assimétricas, estratificações cruzadas tabulares de médio (20-50 cm) a grande porte (50cm-3m) e estratificações plano-paralelas que se alteram. Estas estruturas sedimentares se alternam, variando vertical e lateralmente (Figura 3.3).

Em lâmina delgada esta unidade se apresenta como um arenito de empacotamento apertado, granulometria média, muito bem selecionado e com grãos subarredondados a arredondados. Seus principais constituintes granulométricos são o quartzo (98%) monocristalino e alguns poucos policristalinos, de contatos concavo-convexo a suturados. Muito raramente ocorrem minerais acessórios (<2%) como moscovita e de zircão (Figura 3.3).

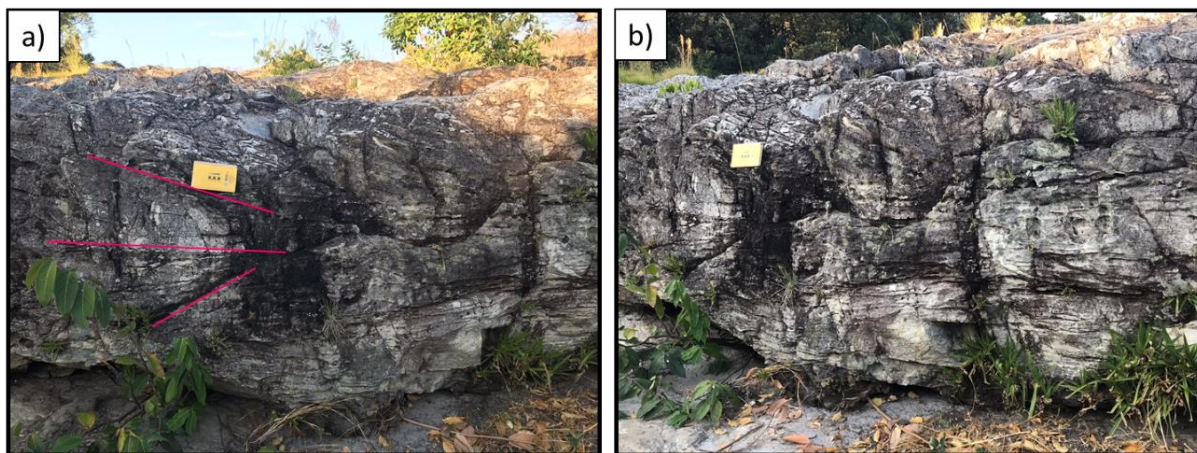


**Figura 3.3** - a) Afloramento da litofácies A da Formação Galho do Miguel apresentando estratificação plano-paralela e estratificação cruzada no mesmo pacote. b) Marca de onda em arenito da litofácies A. c) Estratificação cruzada de grande porte. d) Fotomicrografia da litofácies A mostrando um arenito de alta maturidade mineralógica e textural.

### *Litofácies Acp*

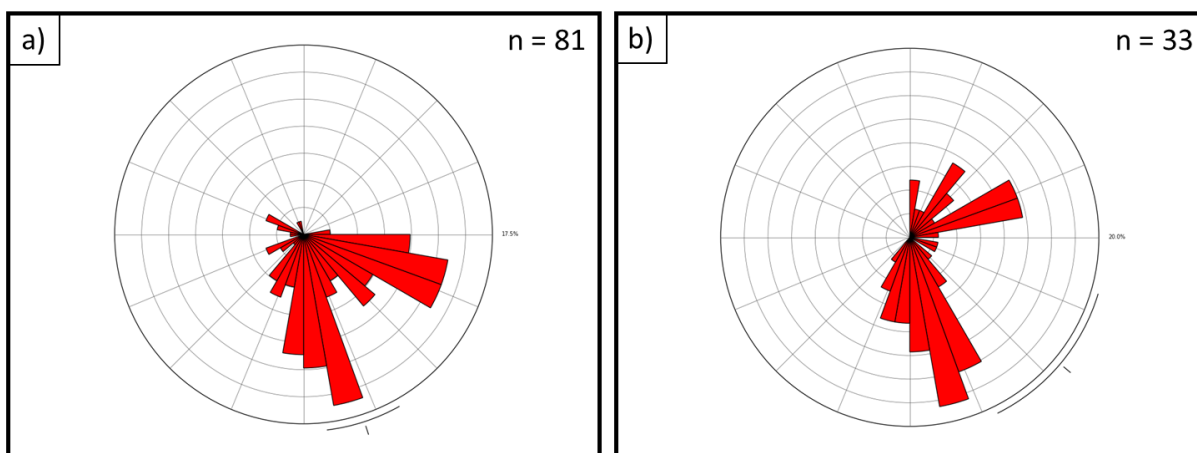
Por ser de ocorrência restrita a área norte e pouco expressiva em área e espessura, esta litofácies não aparece na escala do mapa geológico (Figura 3.1). Ela está disposta em contato basal concordante com a litofácies A, na forma de uma paraconformidade, e é caracterizada por um arenito, que sob alteração intempélica adquire uma coloração alaranjada, composto predominantemente por grãos de quartzo, mica branca e óxidos de ferro. A granulometria dos grãos está na faixa areia média, sendo estes moderadamente selecionados, de subarredondados a arredondados e esfericidade média a alta. As estruturas sedimentares observadas são estratos cruzados de médio a pequeno porte, e estratos plano-paralelos subordinados. As camadas possuem topo e base suavemente ondulados (Figura 3.4).





**Figura 3.4** - Afloramento da litofácies Acp da Formação Galho do Miguel. a) Estratificação cruzada de médio porte. b) Camadas com topo e base ondulados.

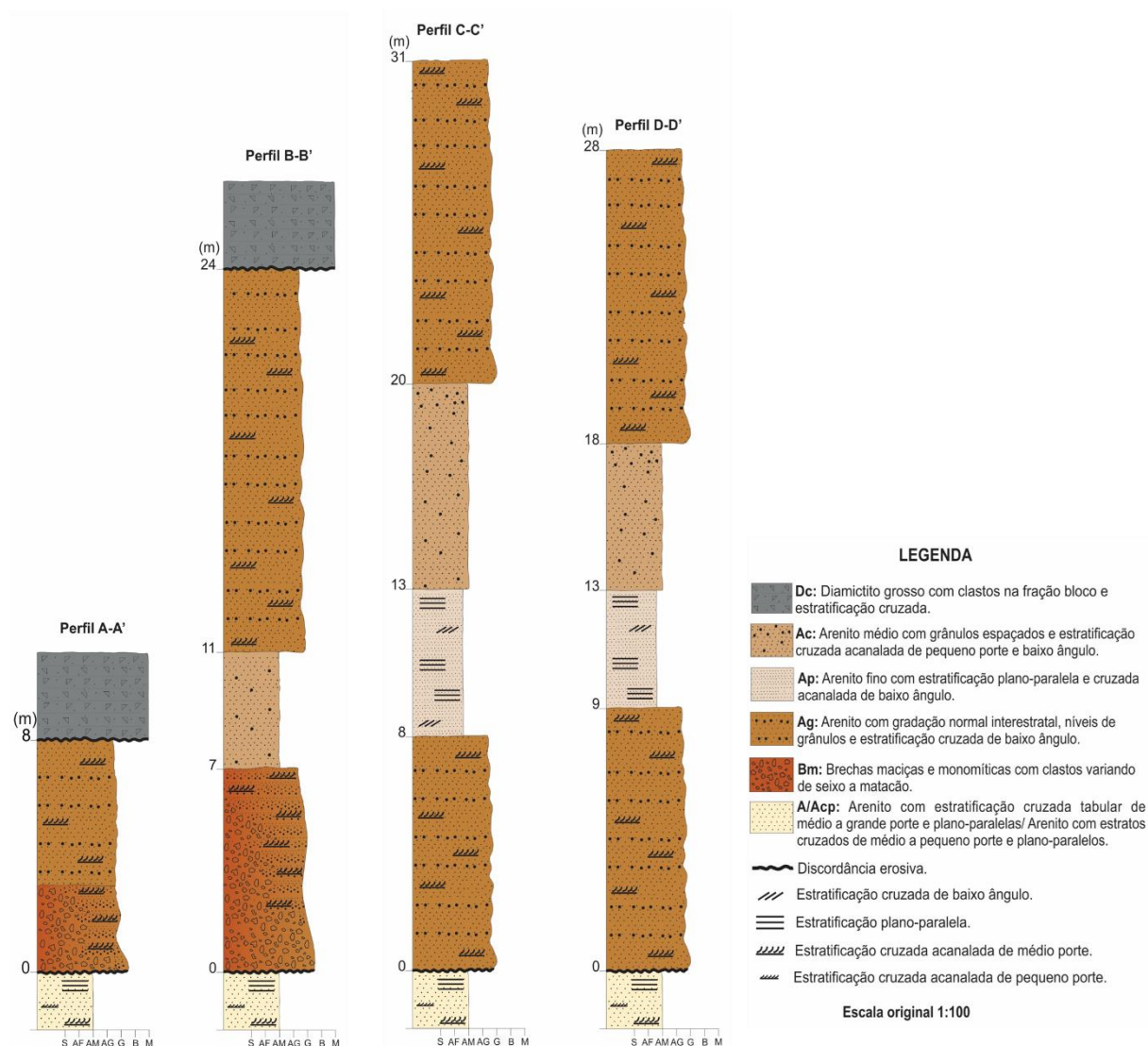
As paleocorrentes das duas litofácies da Formação Galho do Miguel diferem entre si, sendo que as paleocorrentes da fácies A têm direção variando entre N para S e de NW para SE, sendo a direção preferencial para SSE. As paleocorrentes da fácies Acp, por sua vez, variam de NNW para SSE e de SW para NE (Figura 3.5).



**Figura 3.5** - a) Roseta das paleocorrentes da litofácies A exibindo paleofluxo de direção preferencial SSE. b) Roseta das paleocorrentes da litofácies Acp exibindo paleofluxo de direções preferencial SSE e ESE.

### 3.1.2 Formação Matão-Duas Barras

A Formação Matão-Duas Barras abrange aproximadamente 4% da área (1,8 Km<sup>2</sup>), ocorrendo em domínio serrano, em cotas superiores a 800 m, com maior representatividade na porção central da área e expressão lateral limitada, fortemente associado a expressivos lineamentos morfoestruturais de direção generalizada EW. A espessura máxima estimada para essa formação é de cerca de 30 m e quando observada em imagens de satélite, as rochas desta unidade exibem uma textura rugosa e coloração escura arroxeada. Através do levantamento de quatro perfis litoestratigráfico foram individualizadas quatro fácies (Figura 3.6) para Formação Matão-Duas Barras.

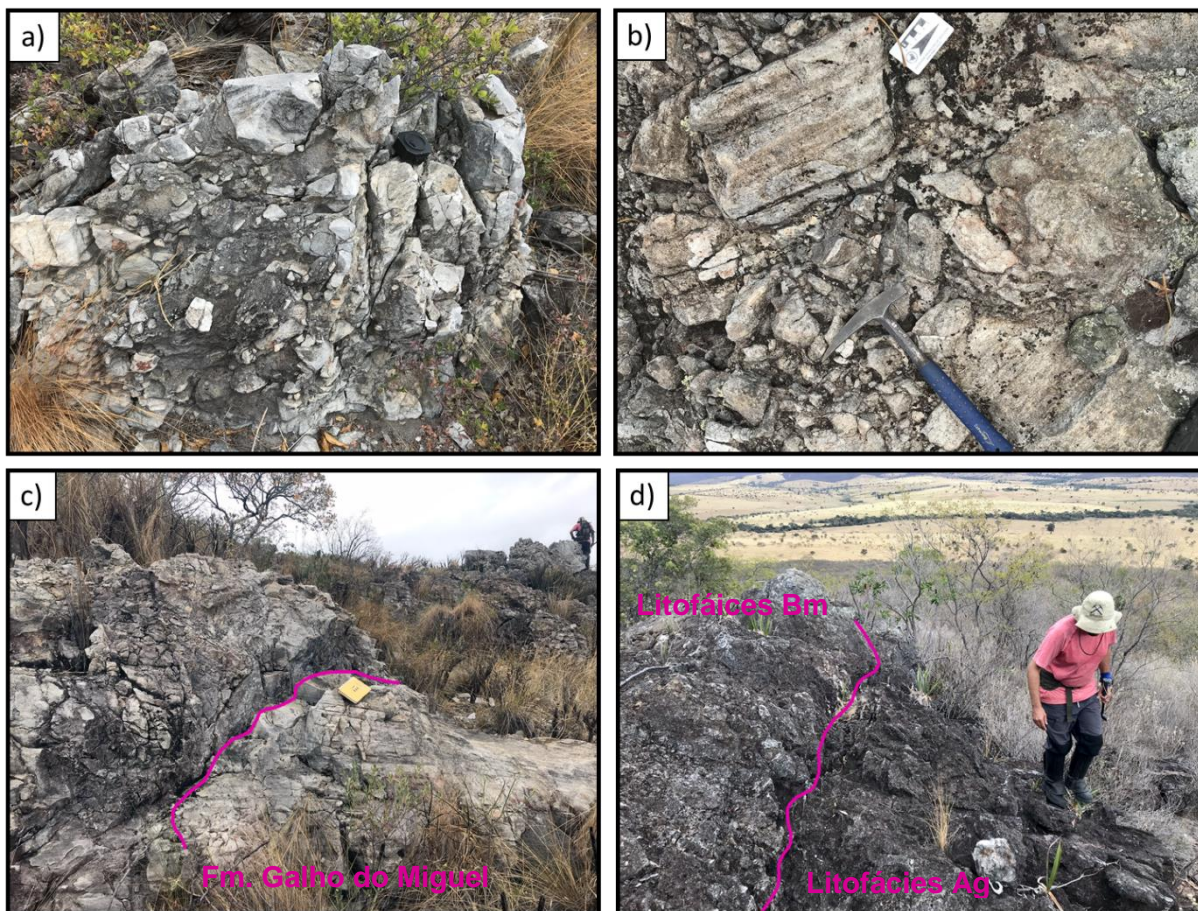


**Figura 3.6** - Perfis estratigráficos da Formação Matão-Duas Barras levantados na área de estudo, originalmente em escala 1:100.

### *Litofácies Bm*

A primeira litofácies Bm, é formada por brechas monomíticas clasto suportadas, com clastos variando da fração seixo a matacão, compostas de fragmentos do próprio quartzito presente na sua base. A matriz é quartzosa e de granulometria areia grossa. Trata-se de um pacote maciço onde não foram observadas estruturas sedimentares (Figura 3.7). A fácies Bm ocorre principalmente associada a lineamentos morfoestruturais de direção geral E-W e é materializada por pacotes de cerca de 8 metros de espessura, tendo sido observada apenas na porção central da área de estudo. O contato com a Formação Galho do Miguel é discordante e erosivo. Esta fácies varia lateral e verticalmente para litofácies Ag.



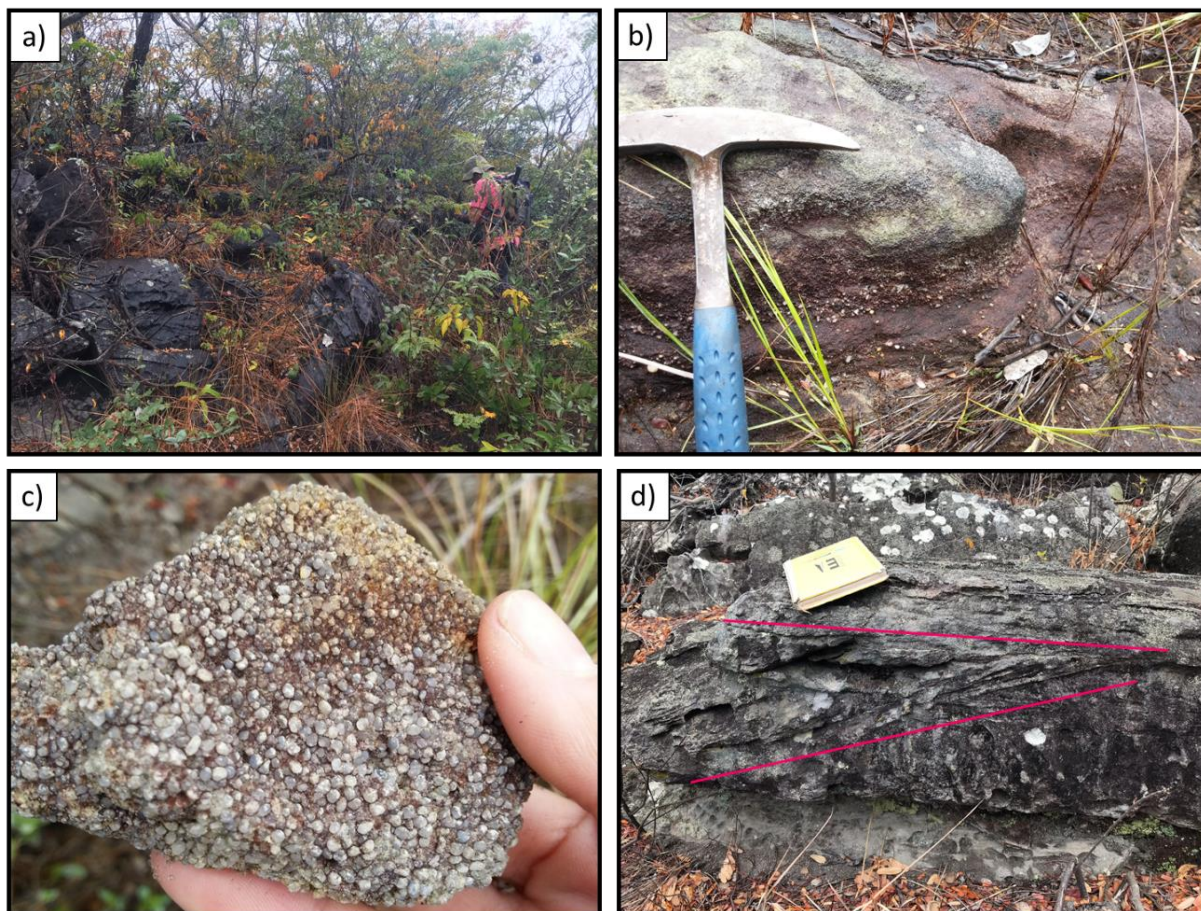


**Figura 3.7** - Afloramentos da litofácies Bm da Formação Matão-Duas Barras. a) e b) Aspecto da brecha monomítica com calstos ângulos variando em todos os tamanhos. b) Clasto de metarenito apresentando-se estratificado. c) Contato discordante e erosivo com a Formação Galho do Miguel. d) Variação lateral da litofácies Bm para litofácies Ag.

### ***Litofácies Ag***

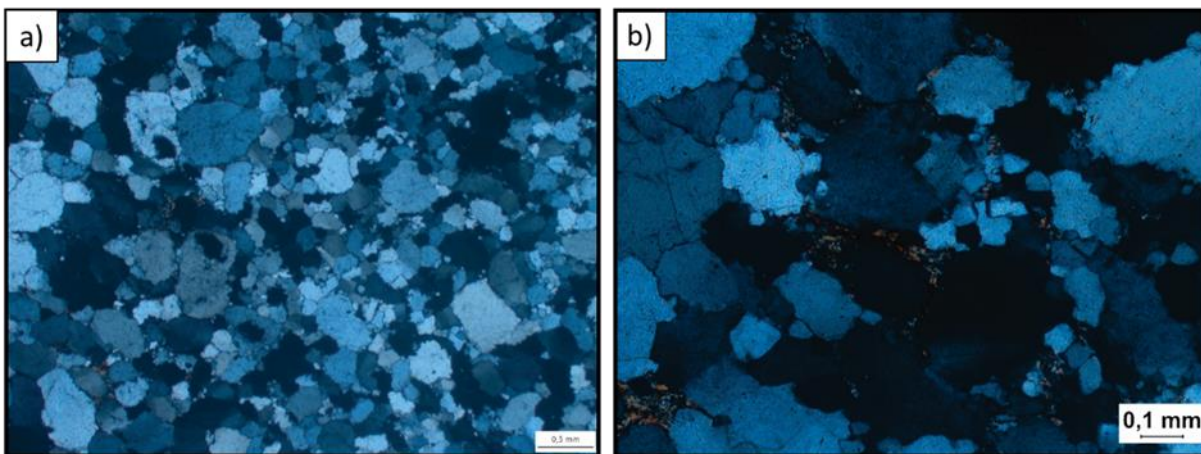
A segunda litofácies é composta por arenitos de coloração acinzentada, predominantemente por grãos de quartzo, contendo também óxidos, fragmentos líticos (Figura 3.8.). Os grãos de quartzo são arredondados a subarredondados de granulometria variando de areia média a grossa. São observadas estratificações cruzadas tangenciais de pequeno a médio porte em sets de até 40 cm de espessura. Internamente, os estratos apresentam clara gradação normal, também ocorrendo níveis contendo a presença de clastos espaçados e níveis conglomeráticos. A litofácies Ag é a mais expressiva da Formação Matão-Duas Barras na área de estudo, atingindo espessura máxima de cerca de 15 m. Seu contato com a litofácies Bm é gradacional, porém, na maioria das ocorrências esse contato ocorre diretamente sobre as rochas da Formação Galho do Miguel, sendo de natureza discordante e erosiva.





**Figura 3.8** - a) Típico afloramento da litofácies Ag na área de estudo. b) Afloramento da litofácies Ag apresentando gradação normal e níveis contendo clastos espaçados. c) Amostra de mão de um nível conglomeráticos da litofácies Ag. d) Afloramento da apresentando estratificação cruzada.

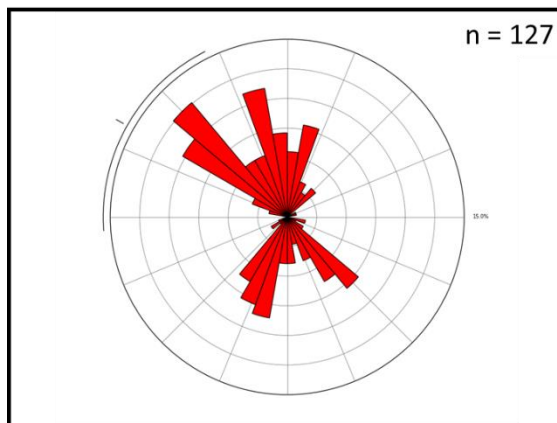
Em lâmina esta litofácies apresenta-se como um quartzarenito médio a grosso com seleção moderada e grãos arredondados a subarredondados (Figura 3.9). Também possui uma segunda moda granulométrica na fração areia fina composta por quartzos subarredondados. Essa rocha é formada por minerais de quartzo monocristalino e raríssimos minerais acessórios de turmalina. Sua matriz (2%) é composta por minerais micáceos, prováveis biotitas ferruginizadas em alteração telodiagenética.



**Figura 3.9** - Fotomicrografias da litofácies Ag. a) Arenito variando de médio a grosso com grãos subarredondados a arredondados. b) Matriz de biotitas ferruginizadas entre os grãos de quartzo.



Para a Formação Matão-Duas Barras, foram realizadas 127 medidas de paleocorrentes nos *foresets* das estratificações cruzadas das litofácies Ag. As medidas forneceram quatro direções principais de fluxo com direção geral para NW (Figura 3.10).



**Figura 3.10** - Roseta das paleocorrentes da Formação Matão-Duas Barras, tomada na litofácies Ag, exibindo paleofluxo de direção preferencial NW.

#### ***Litofácies Ap***

A litofácies, Ap, é materializada por um arenito de coloração acinzentada composto por grãos de quartzo e muscovita. A granulometria está na fração areia fina e os grãos variam de subangulosos a subarredondados. Esta litofácies apresenta estratificação plano-parelela e subordinadamente estratificação cruzada acanalada de baixo ângulo e pequeno porte. A litofácies Ap apresenta espessura máxima de 5 m e possui contato gradacional de base com a litofácies Ag, e de topo com a litofácies Ac.

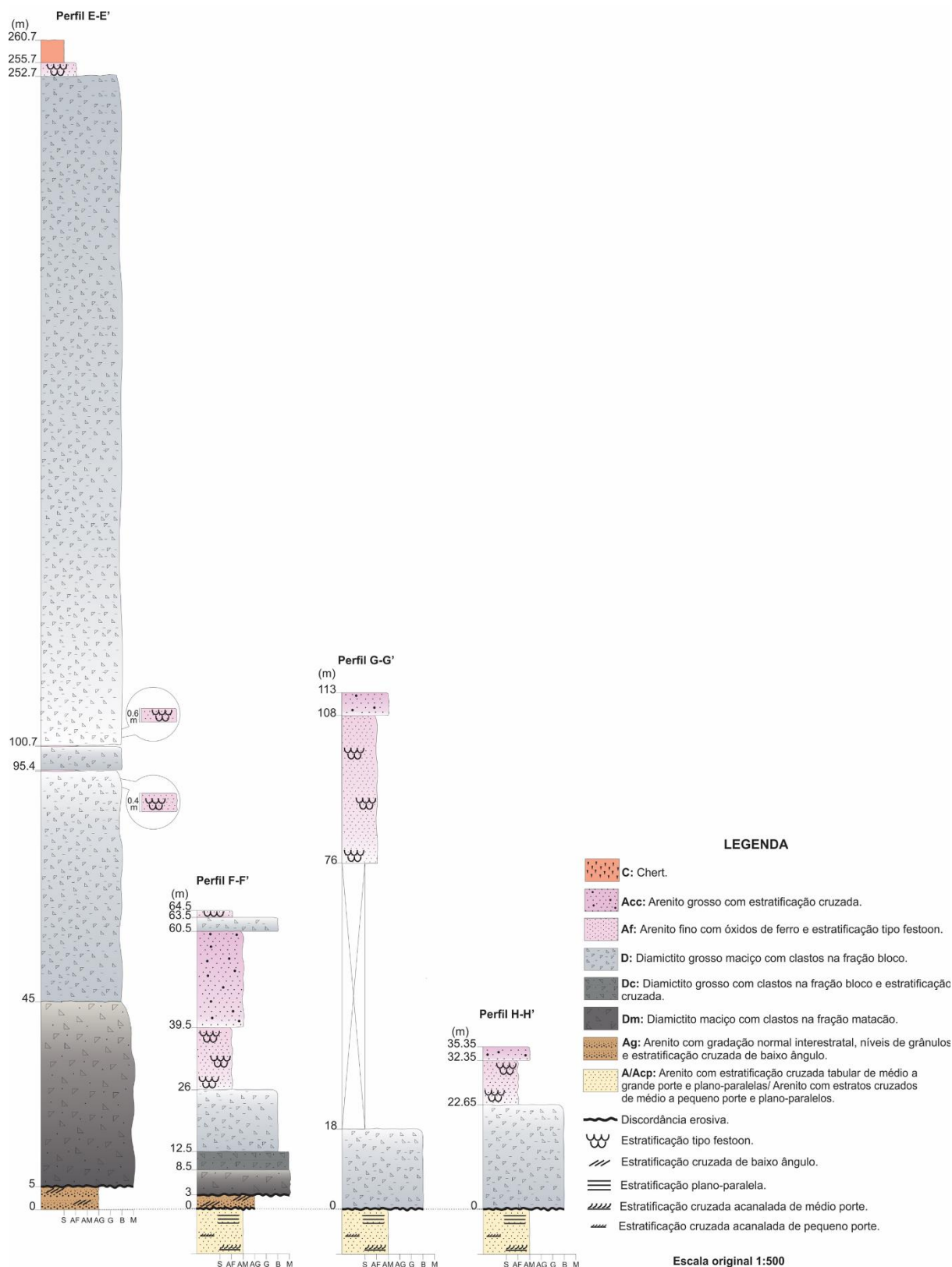
#### ***Litofácies Ac***

A litofácies Ac é formada por um arenito, composto por quartzo e uma pequena fração de muscovita (<5%), também de coloração acinzentada, de granulometria variando de areia média a grossa, com presença de grânulos espaçados e preservando estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte e baixo ângulo. A litofácies Ac apresenta espessura máxima de 7 m e possui contato basal gradacional com a litofácies Ap e de topo com a litofácies Ag.

### **3.1.3 Formação Serra do Catuní**

A Formação Serra do Catuní ocorre bordejando toda a face oeste da serra, se tornando mais espessa na porção norte da área, ocupando aproximadamente 18% do total desta (8 Km<sup>2</sup>). Ocorre em cotas variadas, em intervalo de 650 a 1000 m de altitude. Segue uma disposição espacial aproximadamente N-S ao longo do flanco oeste da anticlinal regional, porém na porção norte da área sua disposição sofre inflexão, exibindo orientação E-W. A maior espessura, 200m, da Formação Serra do Catuní ocorre na porção norte, onde também foi registrada a variação litológica vertical mais representativa dessa unidade na área. Em imagem aérea, a Formação Serra do Catuní exibe textura rugosa, de coloração clara esverdeada, em função da vegetação que a recobre. Através do levantamento de quatro perfis litoestratigráficos (Figura 3.11) em escala original 1:100, seis litofácies foram individualizadas e

agrupadas em em três associações litofaciológicas distinguíveis em escala de mapa, denominadas de Associação Inferior (AIf), Associação Intermediária (Air) e Associação Superior (ASp).



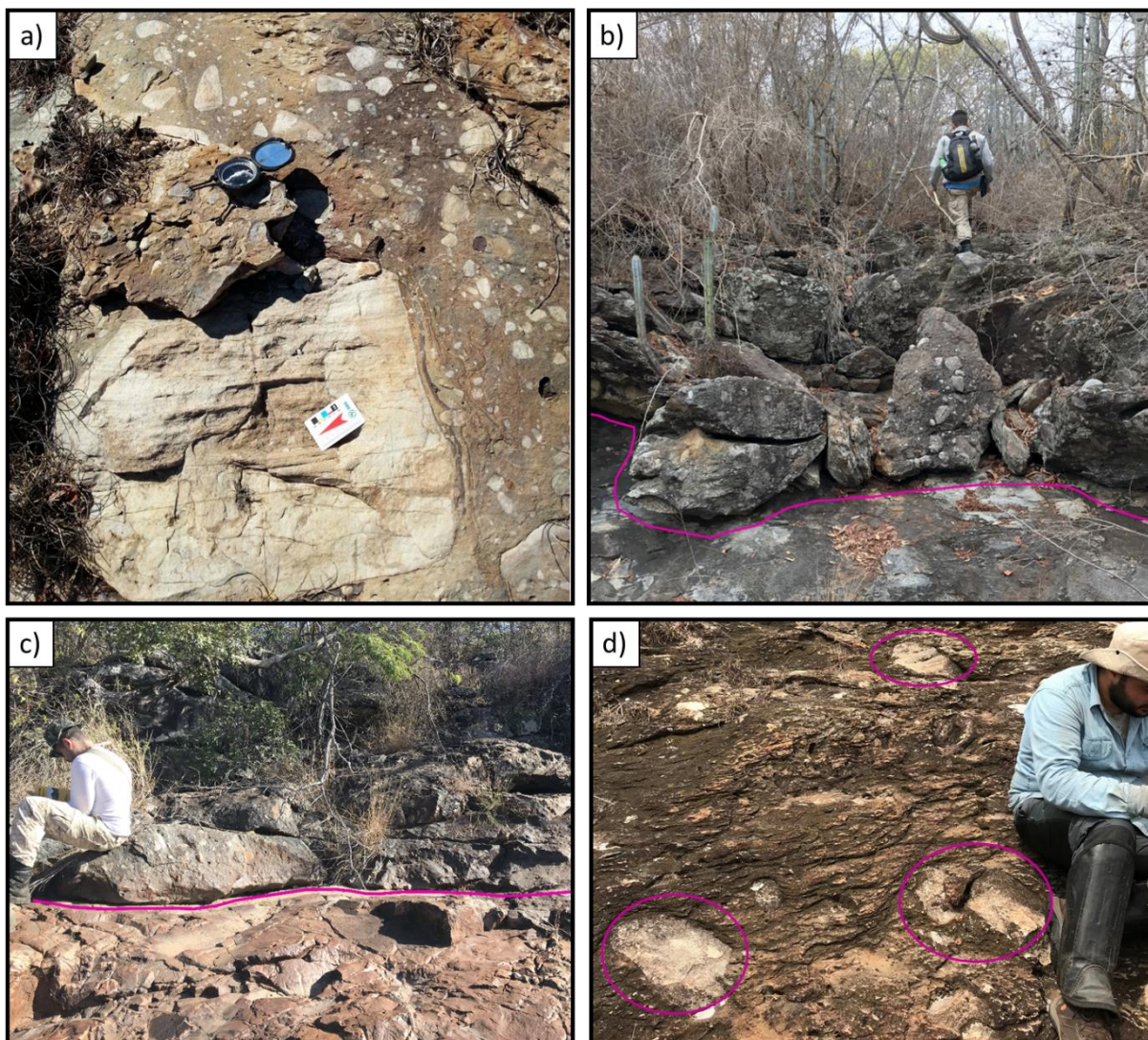
**Figura 3.11** - Perfis estratigráficos da Formação Serra do Catuní levantados na área de estudo, originalmente em escala 1:100.



### *Associação de litofácies AInf*

#### *Litofácies Dm*

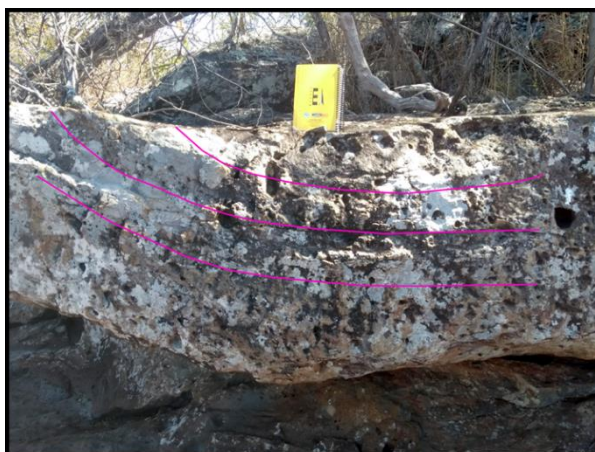
A litofácies basal da Formação Serra do Catuní é caracterizada por um diamictito, onde os clastos apresentam esfericidade e angulosidade variável, de tamanho variando de grânulos até matacão. Os clastos, que por vezes ocorrem facetados, podem atingir até 1m de tamanho de superfície aflorante (Figura 3.12). A maioria dos clastos são de quartzito, mas também estão presentes, em menor quantidade e de granulometria menor, clastos de xisto, quartzo, granitóides, formação ferríferas e carbonatos alterados. Verticalmente ocorre diminuição no tamanho dos clastos da base para o topo, e lateralmente essa fácies apresenta pouca variação textural, ocorrendo mudanças pontuais na abundância e na granulometria dos clastos. A litofácies Dm possui contato de base discordante e erosivo com rochas das formações Matão-Duas Barras e Galho do Miguel, e sua espessura máxima na área de estudo chega a 40m.



**Figura 3.12** - Aspectos da litofácies Dm da Formação Serra do Catuní na área de estudo. a) Afloramento da litofácies Dm com clastos variando de seixo até matacão. b) Contato erosivo da litofácies Dm com a Formação Galho do Miguel. c) Contato erosivo entre a litofácies Dm com a Formação Matão-Duas Barras. d) Afloramento da litofácies Dm com clastos variando de seixo até matacão.

### ***Litofácies Dc***

A litofácies Dc é materializada por um diamictito, por vezes estratificado. Os clastos são de composição semelhantes aqueles da litofácies Dm, entretanto a granulometria diminuí, com moda na fração bloco, não ultrapassando 20 cm. São observadas estratificações cruzadas e seu contato basal com a litofácies Dm é gradacional (Figura 3.13). Esta litofácies possui aproximadamente 15m de espessura e não apresenta variação vertical nem horizontal significativa.



**Figura 3.13** - Afloramento da litofácies Dc exibindo estratificação cruzada.

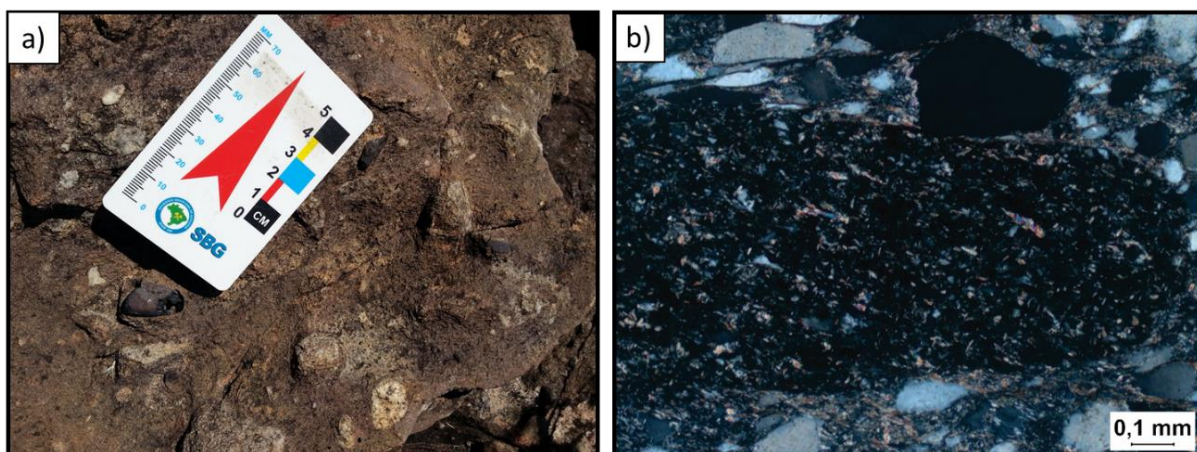
### ***Associação de litofácies AInt***

#### ***Litofácies D***

Esta litofácies é formada por um metadiamictito, apresentando uma matriz silto-argilosa, podendo localmente chegar à areia fina. Os clastos de moda na fração bloco, entre 6-10 cm, são compostos de quartzitos e carbonatos, óxidos, e pelitos com maior grau de alteração. A litofácies D possui a maior expressão em área dentro da Formação Serra do Catuní na região e maior espessura, com pacotes atingindo até 100 m. Quando diretamente sobre a litofácies Dc, possui contato basal gradacional, porém é comum contato discordante sobre rochas da Formação Galho do Miguel.

Em lâmina delgada essa litofácies se apresenta como um diamictito, mal selecionado com grãos variando de arredondados a subangulosos. O arcabouço mineralógico é composto por grãos de quartzo, em sua grande maioria monocristalinos e poucos policristalinos, e fragmentos de líticos de quartzito, ígneas máficas (Figura 3.14) e metapelitos. Seu arcabouço é constituído por 30% de ortomatrix composta por moscovitas orientadas e alguns raríssimos acessórios.



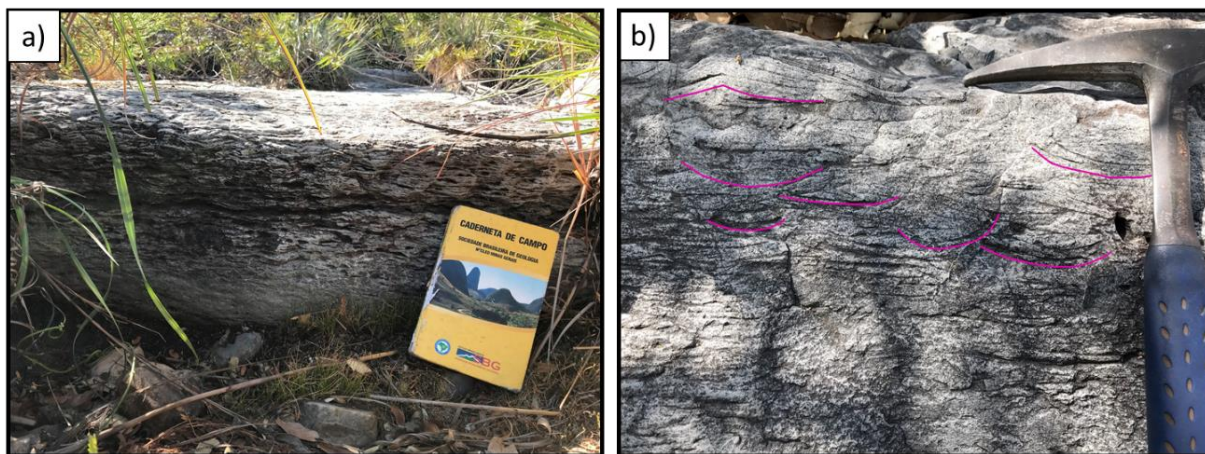


**Figura 3.14** - a) Diamictito com destaque para clastos a fração seixo, incluindo clastos de óxido de ferro. b) Micrografia do diamictito da fácies D com destaque para um clasto de rocha ígnea máfica.

### *Associação de litofácies ASup*

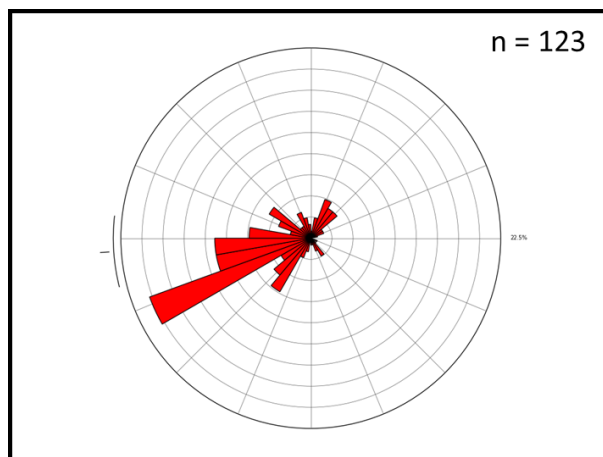
#### *Litofácies Af*

A quarta litofácies trata-se de um arenito de granulometria areia fina, composto por grãos de quartzo e com a presença de óxidos de ferro (<10%), de coloração acinzentada, que quando com grau alteração mais avançado se mostra em tons avermelhados. Os arenitos desta facies possuem alta maturidade textural, podendo ocorrer sobreposto à litofácies D por contato transicional e como lentes intercaladas à mesma. A espessura máxima na área de estudo foi estabelecida a partir de um pacote único de cerca de 30m. Estruturas sedimentares acanaladas de pequeno porte são bem preservadas e em corte perpendicular ao fluxo deposicional formam padrão em festoon (Figura 3.15).



**Figura 3.15** - aspectos da litofácies Af da Formação Serra do Catuní. a) e b) Metarenito da litofácies Af apresentando estratificações do tipo festoon.

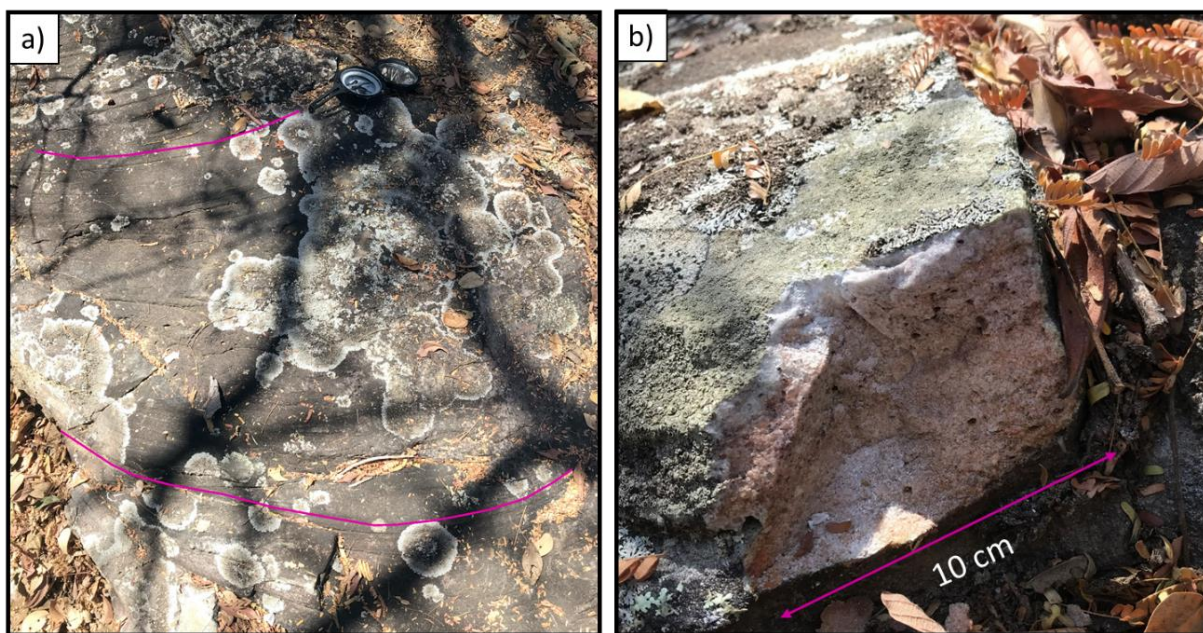
Nesta litofácies, foram tomadas 123 medidas de paleocorrentes que exibem uma direção principal do fluxo deposicional de NE para SW (Figura 3.16)



**Figura 3.16** - Roseta das paleocorrentes da litofácies Af, Formação Serra do Catuní, exibindo paleofluxo de direção preferencial para SW.

### *Litofácies Acc*

Caracterizada como um arenito conglomeráticos de coloração avermelhada (Figura 3.17), a litofácies Acc é formado majoritariamente por grãos de quartzo de granulometria areia grossa e presença de óxidos de ferro. A maturidade textural é baixa, com com níveis contendo grãos variando de grânulos a seixo. Esta litofácies apresenta estratificação cruzada e plano-paralela bem preservada e possui espessura máxima de 20m.

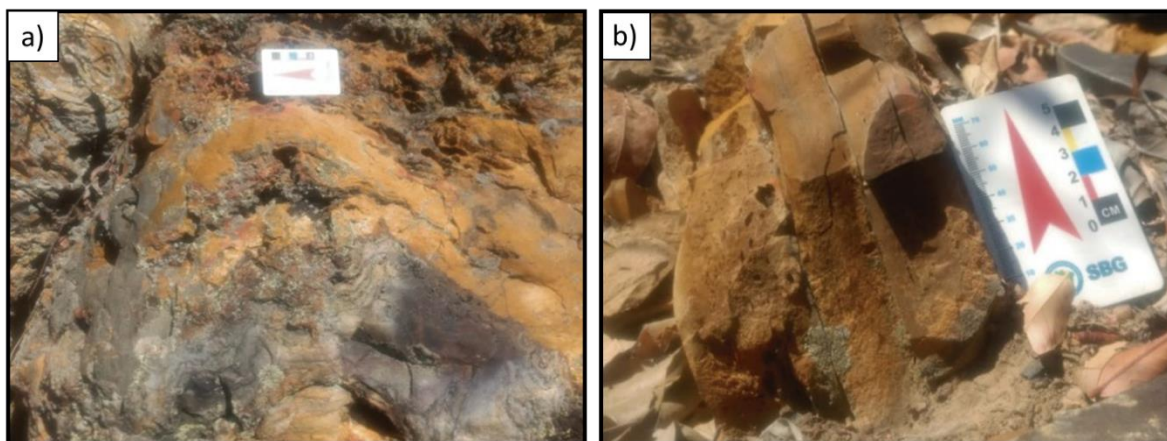


**Figura 3.17** - aspectos da litofácies Acc da Formação Serra do Catuní. a) Arenito da litofácies Acc apresentando estratificação cruzada vista em planta b) Arenito avermelhado da litofácies Acc apresentando grânulos e óxidos de ferro.



### ***Litofácies C***

A sexta litofácies (Figura 3.18) se trata de um chert de coloração alaranjada, com variação de camadas maciças e camadas laminadas, sua ocorrência possibilita a preservação das litofácies inferiores, formando morros testemunhos encontrados na região norte da área.



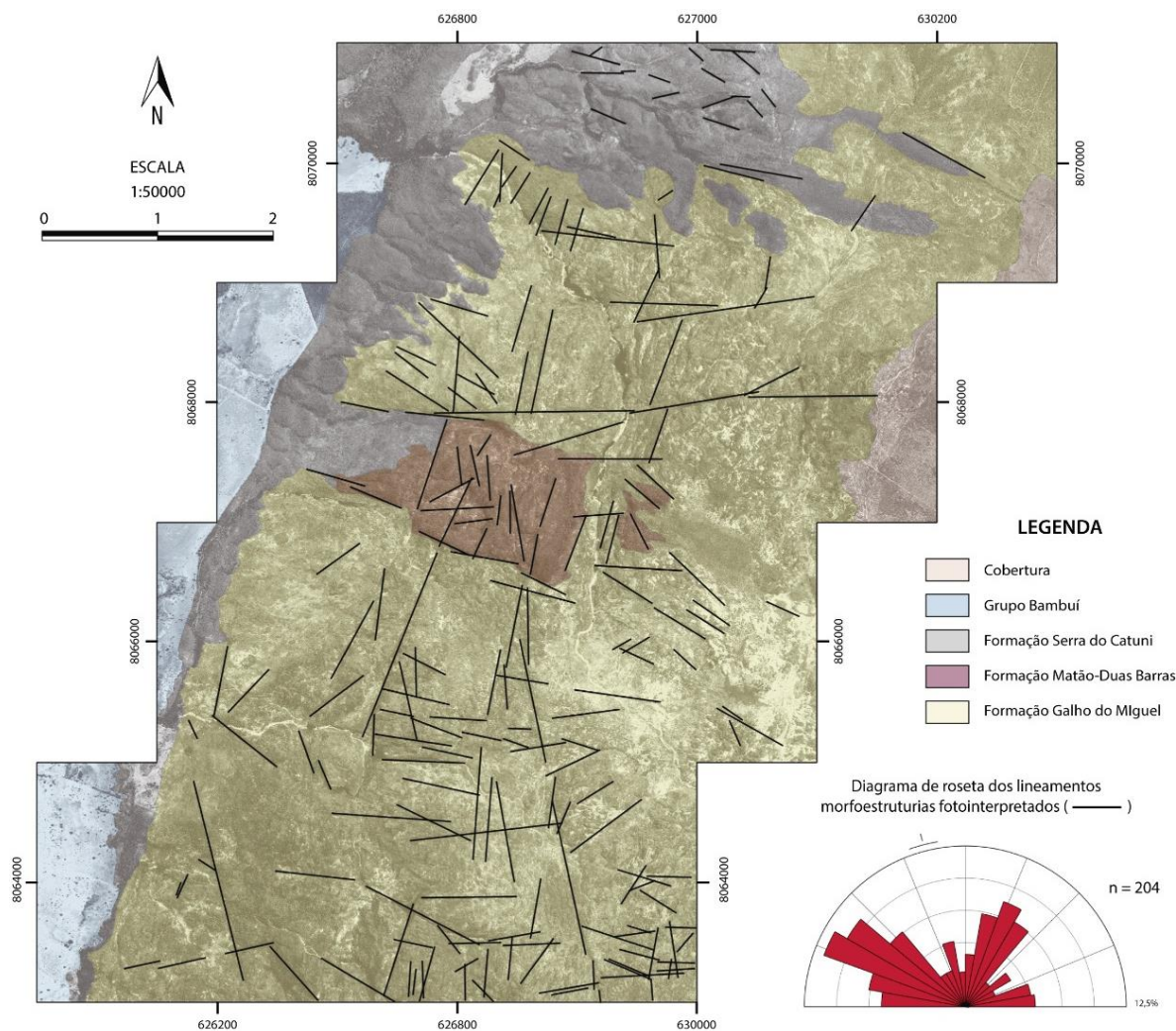
**Figura 3.18** - Afloramentos típicos da litofácies C. a) Chert maciço e b) Chert estratificado.

## **3.2 – ARCABOUÇO ESTRUTURAL**

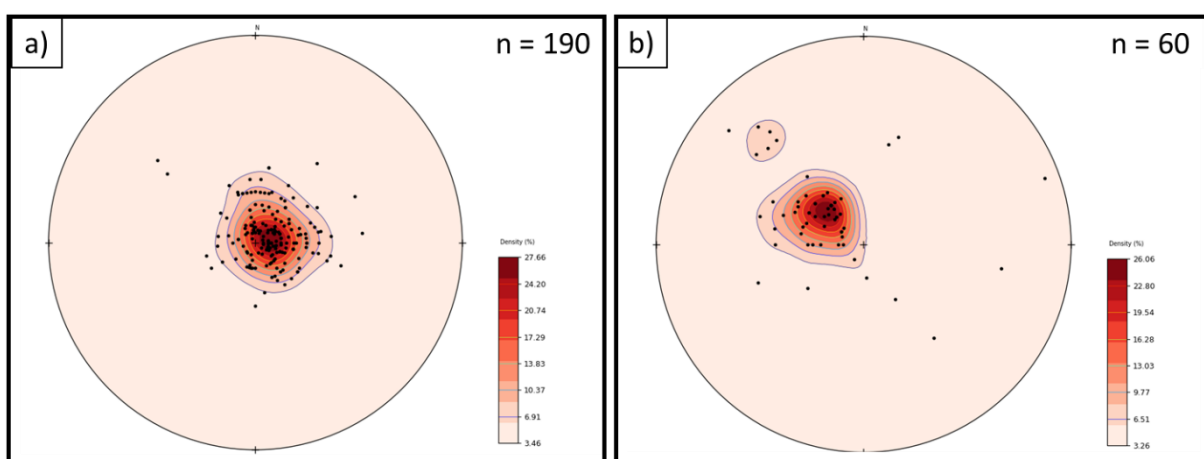
A área de estudo encontra-se inserida na terminação periclinal da anticlinal da Serra Mineira, uma dobra regional aberta e com caimento suave do eixo para NNE, e ocupando o flanco oeste desta estrutura. Numa visão geral, as estruturas deformacionais que ali se observam são de natureza rúptil-dúctil a rúptil, associadas a dois trends estruturais que se interpõem e condicionam o padrão deformacional da área. Ambos guardam íntima relação com as duas principais orientações dos lineamentos regionais, assim como a distribuição das unidades proterozóicas, notadamente com as do Grupo Macaúbas.

Os lineamentos se apresentam em duas direções principais ao longo da área, uma N20E e outra N60-65W, e subordinadamente EW (Figura 3.19). Estes sistemas de lineamentos são considerados cogenéticos, uma vez que não foram observadas relações de corte em campo que permitam definir a hierarquia relativa entre eles.

A direção do trend regional é NNE-SSW, mesma orientação das medidas de acamamento sedimentar, com mergulhos para W-NW (Figura 3.20). Ao dobramento regional se relaciona uma foliação plano axial de mesma orientação, com mergulhos em torno de 30° para sudeste (Figura 3.20). O núcleo da dobra é ocupado pela Formação Galho do Miguel, flanqueado a oeste e a norte pelas litofácies da Formação Serra do Catuni.



**Figura 3.19** - Mapa da área de estudo mostrando os principais lineamentos morfoestruturais observados em imagem de datélite.

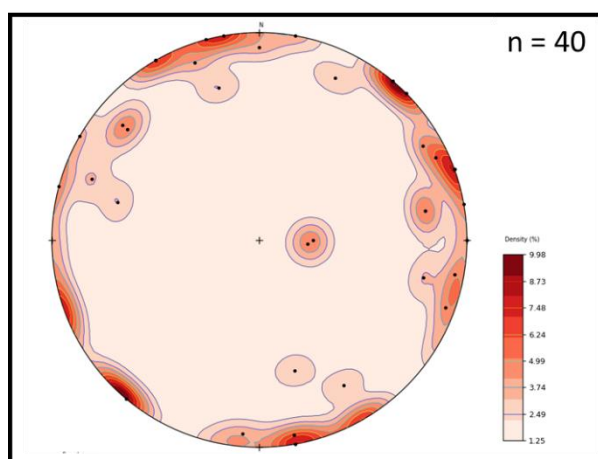


**Figura 3.20** - a) Estereograma de projeção polar para as medidas de acamamento das Formações Galho do Miguel, Matão-Duas Barras e Serra do Catuni na área de estudo. b) para as medidas de foliação das Formações Galho do Miguel, Matão-Duas Barras e Serra do Catuni na área de estudo.



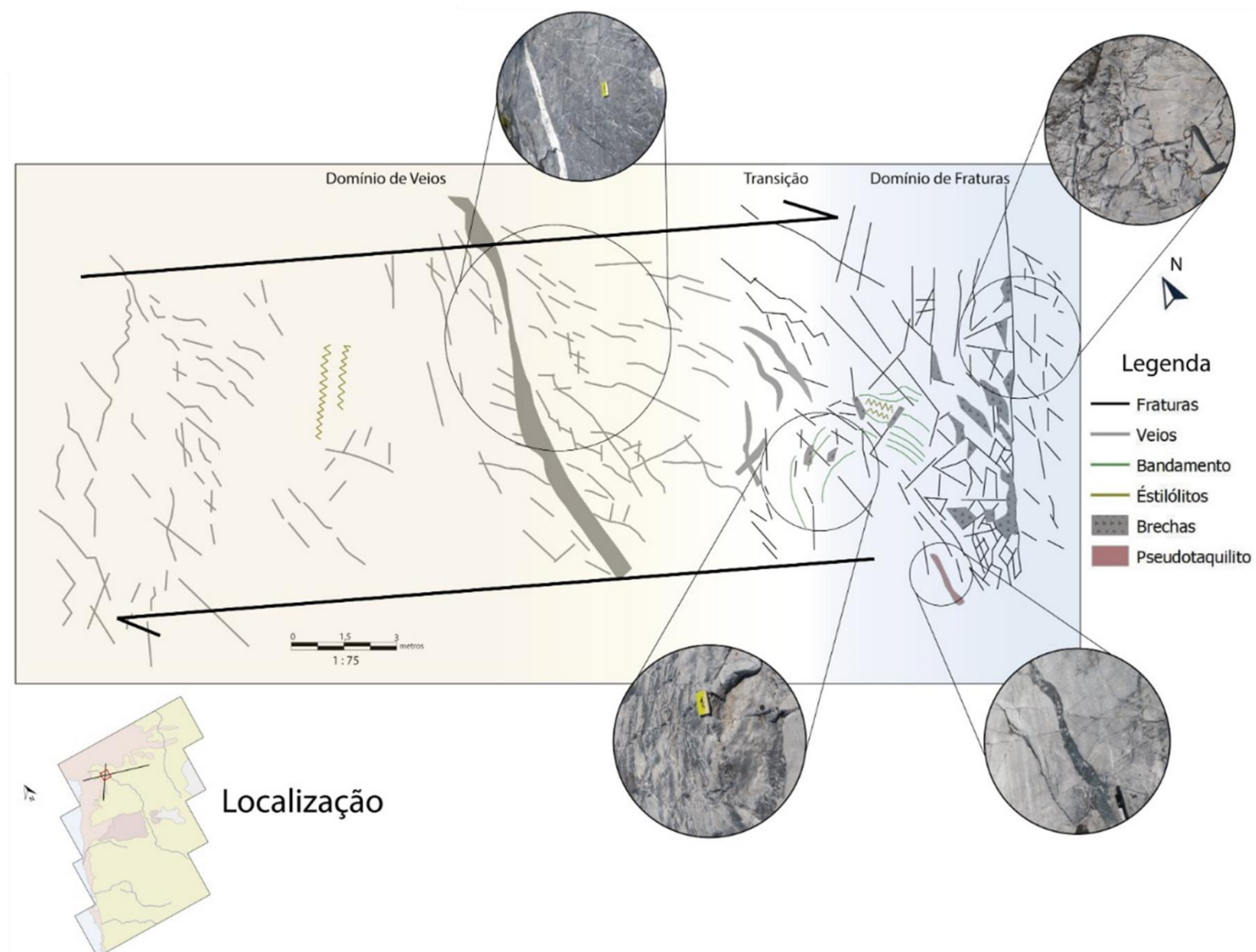
O trend subordinado é praticamente ortogonal ao de orientação meridiana, fortemente associado aos lineamentos de direção WNW-ESE e EW que ocorrem na porção central da área. É marcante a relação entre este trend e a distribuição dos sedimentos da Formação Matão-Duas Barras e da Associação de litofácies Inferior da Formação Serra do Catuni.

Em mesoescala, os lineamentos se expressam como sistemas de fraturas que também apresentam duas direções preferenciais, ENE-WSW e NW-SE (Figura 3.21), verticais a subverticais, com preenchimento de quartzo. Muitas destas fraturas apresentam, inclusive, indicadores cinemáticos de natureza rúptil, formando pares conjugados com ângulo agudo de aproximadamente 60° (Figura 3.22). A família de fraturas de direção ENE-WSW corresponde a fraturas anti-Riedel, ao passo que a família NW-SE compõe as fraturas Riedel.

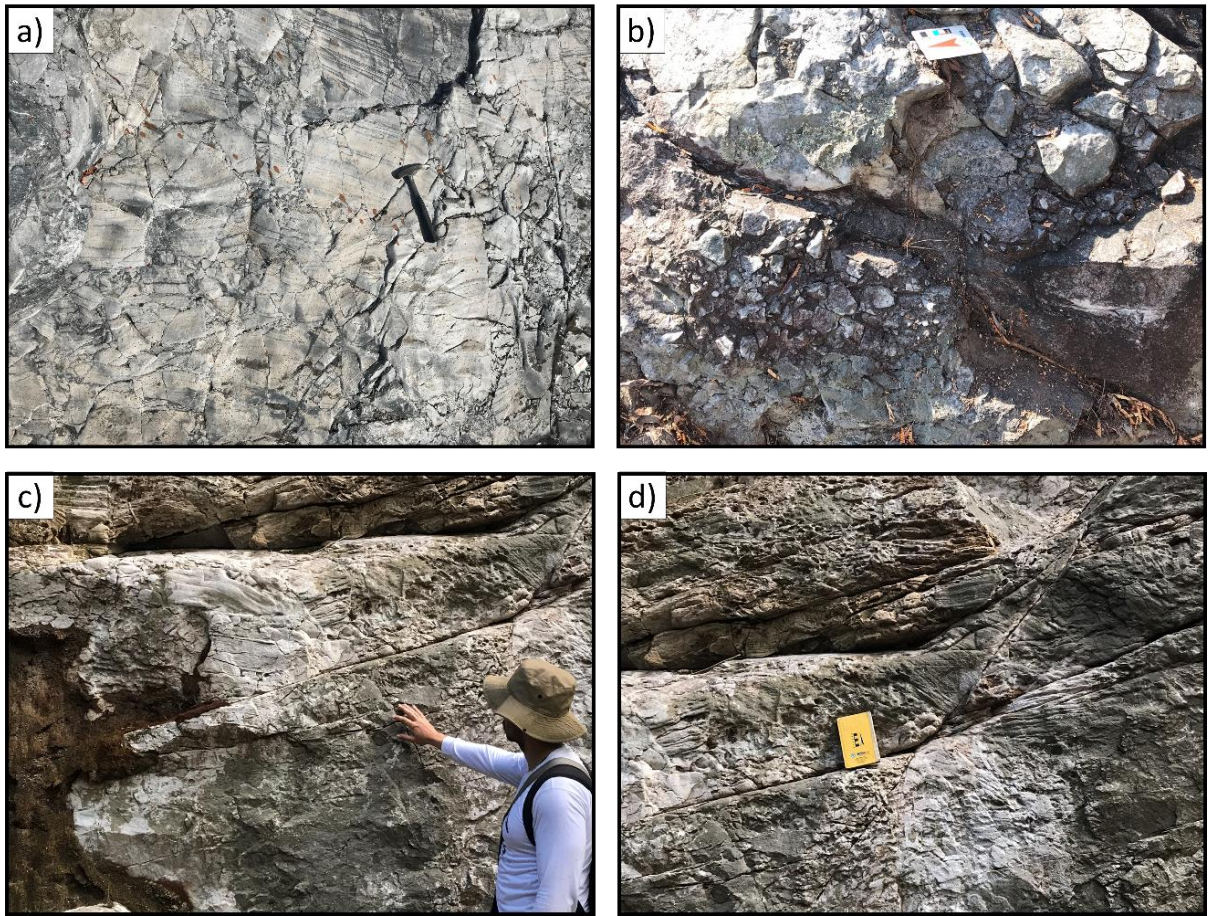


**Figura 3.21** - Estereograma de projeção polar para as medidas dos planos de fratura observados na área de estudo.

Parte dos lineamentos também se expressam como falhas reversas e subordinadamente como falhas normais, quase sempre associados a brechas de falha (Figura 3.23). As falhas reversas possuem pequeno rejeito e alto ângulo de mergulho segundo a direção NW-SE, mergulhando ora para SW (atitude média 220/62), ora para NE (atitude média 60/77). As falhas normais são menos presentes, também apresentam direção preferencial NW-SE, porém mergulhando majoritariamente para SW (atitude média 233/50).



**Figura 3.22** - Croqui de detalhe estrutural do pontos 88 e 89.



**Figura 3.23** - Fotos de diferentes lineamentos morfoestruturais com a formação de brechas de falha. Foto a) ponto 88; Foto b) ponto 112; Fotos c) e d) ponto 124

## **GEOCHRONOLOGY AND PROVENANCE OF TONIAN AND CRYOGENIAN RIFT-RELATED BASINS IN THE SOUTHERN MARGIN OF SÃO FRANCISCO CRATON, BRAZIL<sup>1</sup>**

---

Rosana Gonçalves Oliveira<sup>a</sup>, Maximiliano Martins<sup>a</sup>, Gláucia Queiroga<sup>a</sup>, Maria Eugênia Silva de Souza<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Morro do Cruzeiro, 35400-000, Ouro Preto, MG, Brazil, [rosanageoufop@gmail.com](mailto:rosanageoufop@gmail.com)\*

*This article was submitted to Journal of Southern American Earth Sciences*

### **ABSTRACT**

The Neoproterozoic Macaúbas Group represents the precursor basin system of the Araçuaí–West Congo orogen, located in the southern margin of São Francisco Craton, Brazil. The Macaúbas basin evolved from continental rift to a gulf partially floored by oceanic crust, including a Tonian volcano-sedimentary succession, at the base, overlain by a Cryogenian sequence. The new U–Pb in situ zircon ages, as well as available data from literature, through Cawood’s tectonic discrimination diagram and Kolmogorov-Smirnov Test (K-S Test), provide a new approach in provenience studies for the Macaúbas basin. The results show that the age spectra of Matão-Duas Barras and Serra do Catuní formations are similar differing mainly for an increased peak in c.a. 1.0 Ga. The Matão-Duas Barras Formation in the Central Espinhaço Ridge has more input from Calymnian sources, and less contribution from Stenian sources when compared with the same unit in the Southern Espinhaço Ridge. The KS-Test shows that all the samples of Matão-Duas Barras Formation are not similar to each other, suggesting that as the vast majority of rift basins have started as small, isolated basins dominated by lateral input and then evolved to an integrated rift basin that with axial discharge. All the Serra do Catuní samples are similar to each other, which according to the KS-Test, is a result of a sediment reworking from a most evolved basin stage, such as a marine environment. The Cawood’s tectonic discrimination diagram reinforces that both the Matão-Duas Barras and the Serra do Catuní formations were deposited in extensional setting, being registers of a Tonian and Cryogenian rifting-episode, respectively.

**Keywords:** Sediment provenance; U-Pb geochronology; Cawood diagram; KS-Test; Macaúbas basin.



## 4.1 INTRODUCTION

Ancient sedimentary basins have mechanisms of formation and evolution that are not fully understood. This subject becomes even more complicated due to post-sedimentation factors, such as deformation, metamorphism and the loss of geological record due to weathering and erosion (Miall, 2000; Schmitz *et al.*, 2004). The geochronology of detrital-zircons has played a critical role in the investigation of provenance and in the assessment of the filling ages of sedimentary basins, as well as the establishment of accumulation areas of sedimentation episodes, supporting different paleoenvironmental and paleotectonic reconstructions (Andersen, 2005; Gehrels, 2012, 2014).

The U-Pb age distribution presents in a sample can be plotted on a simple histogram or on a relative age distribution diagram (Sircombe, 2004; Sircombe & Hazelton, 2004; Ludwig, 2003). Both graphs show the same information with higher peaks for the largest grain populations of approximate age (Gehrels, 2012). Despite being relevant for distinguishing populations of different ages, both graphs provide only a quantitative interpretation of the results, which disallows a mathematical analysis of the data.

Cawood *et al.* (2012) demonstrated how the distribution spectrum of detrital zircons reflects the scenario in which they were deposited, and developed a diagram method that correlates the accumulated age distribution with the tectonic setting. In turn, the Kolmogorov-Smirnov Test (K-S) was performed in an attempt to statistically analyze the U-Pb ages obtained in detrital zircons, which aims to identify possible sources. The K-S test compares two distributions assessing whether they are different from each other or not, based on the test of a null hypothesis. For instance, testing whether two detrital zircon age distributions from two different samples are similar and consequently if they have the same source, thus inferring their provenance (DeGraaff-Surpless *et al.*, 2003; Barbeau *et al.*, 2009; Guynn & Gehrels, 2010; Fernández-Suaréz *et al.*, 2013).

In the last few years, a series of works have been developed aiming to understand the evolution and stratigraphy of the Neoproterozoic Macaúbas basin, precursor of the Ediacaran-Cambrian Araçuaí Orogen, in the Southern Espinhaço Ridge (eg. Martins *et al.*, 2008; Queiroga, 2010; Babinski *et al.*, 2012; Chemale *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Souza, 2016; Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2019). The Macaúbas basin includes at least three distinct rifting episodes. The first one in Tonian (*ca.* 950-900 Ma) is superimposed and closely related to the sediments of Espinhaço Supergroup (Noce *et al.*, 1997; Martins *et al.*, 2008). A second stage of the Tonian rift (*ca.* 889Ma) is marked by the deposition of the metavolcanosedimentary sequence of Planalto de Minas Formation (Souza, 2016). The Cryogenian rifting stage occurred between 750-670 Ma (Pedrosa Soares & Alkmim, 2011), partially under glacial influence (Hettich, 1975; Karfunkel & Hope, 1988; Noce *et al.*, 1997; Uhlein *et al.*, 1998, 2007; Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Babinski *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015), which has evolved

to a passive margin with an proto-oceanic crust formation (640 Ma, Queiroga *et al.*, 2007; Peixoto *et al.*, 2015; Amaral *et al.*, 2020).

The present study focuses on the Tonian and Cryogenian rifts units of the Macaúbas basin, particularly those in the periclinal region of the Southern Espinhaço Ridge. New U-Pb data for both rift stages are presented to test the effects of regional tectonics on detrital supplies from distinct source regions to this part of the Macaúbas basin. By applying the Cawood *et al.* (2012) diagram and the K-S test, we also have access to the tectonic influence on the source rock exhumation of the basin using the latest data obtained and available in the literature.

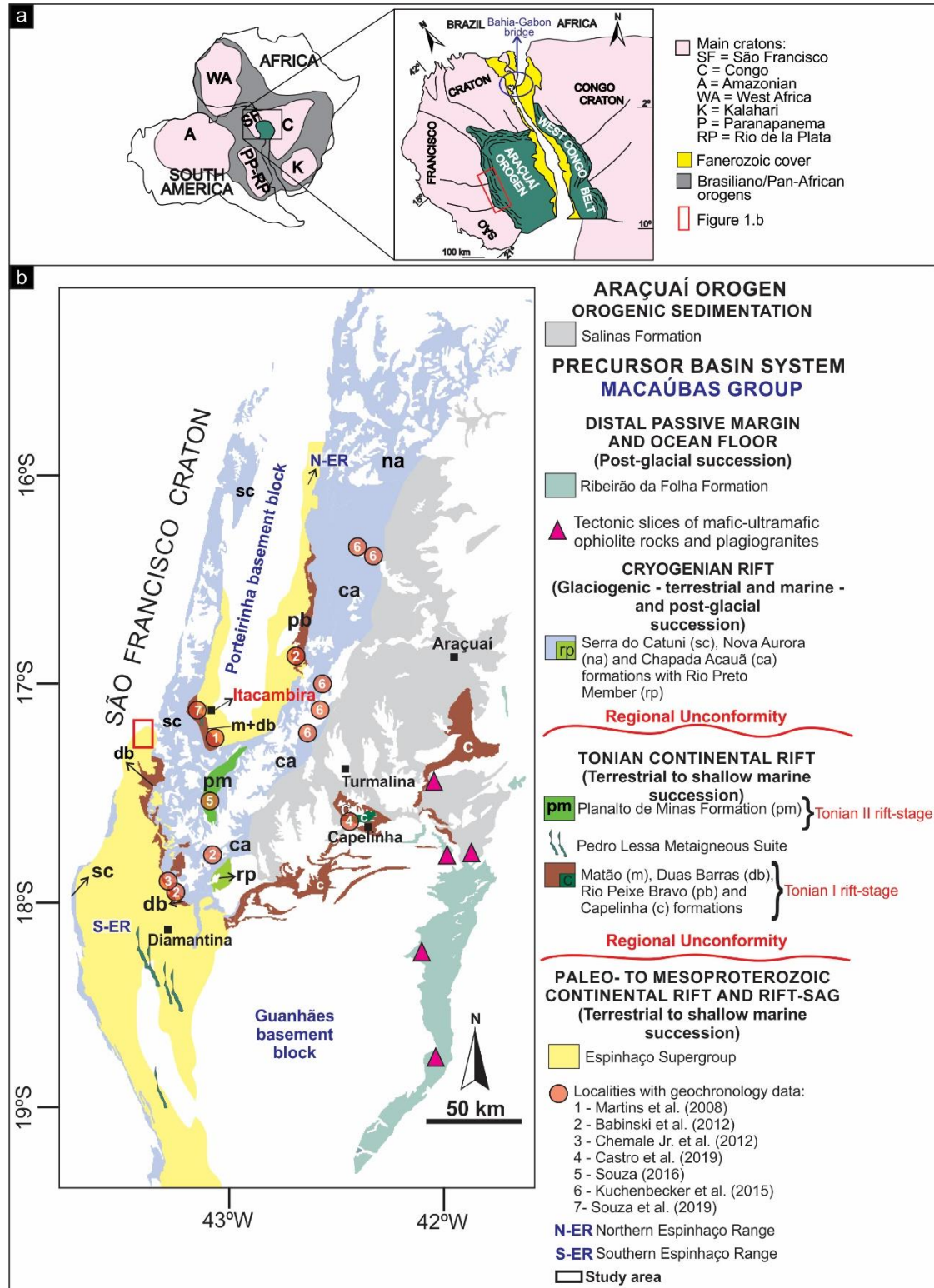
## 4.2 GEOLOGICAL BACKGROUND

The São Francisco and Congo cratons of southeastern Brazil and west-central Africa (Figure 4.1, Almeida, 1977; Trompette, 1994,) consists of Archean blocks that were amalgamated and stabilized during the Rhyacian-Orosirian orogeny (Barbosa & Sabaté, 2002, 2004) and it is almost entirely covered by Proterozoic metasedimentary sequences, as well as Phanerozoic covers. Since its stabilization during the Proterozoic, the cratonic area has experienced a series of successive and discontinuous tectogenetic events from the Statherian (1.8 Ga) until the development of an ocean crust in the Cryogenian (650 Ma). The Espinhaço and Macaúbas basins are the major expressions of these extensional episodes that reached the São Francisco Craton, with the Macaúbas Neoproterozoic basin as the precursor of the Brasiliano/Pan-African Araçuaí orogen (Figure 4.1)(*e.g.* Alkmim *et al.*, 2007; Queiroga *et al.*, 2007; Pedrosa-Soares and Alkmim, 2011; Pedrosa-Soares *et al.*, 2008; 2011; Chemale *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2014, 2018; 2018b; Danderfer *et al.*, 2015; Peixoto *et al.*, 2015; Souza, 2016; Bitencourt *et al.*, 2019; Amaral *et al.*, 2020).

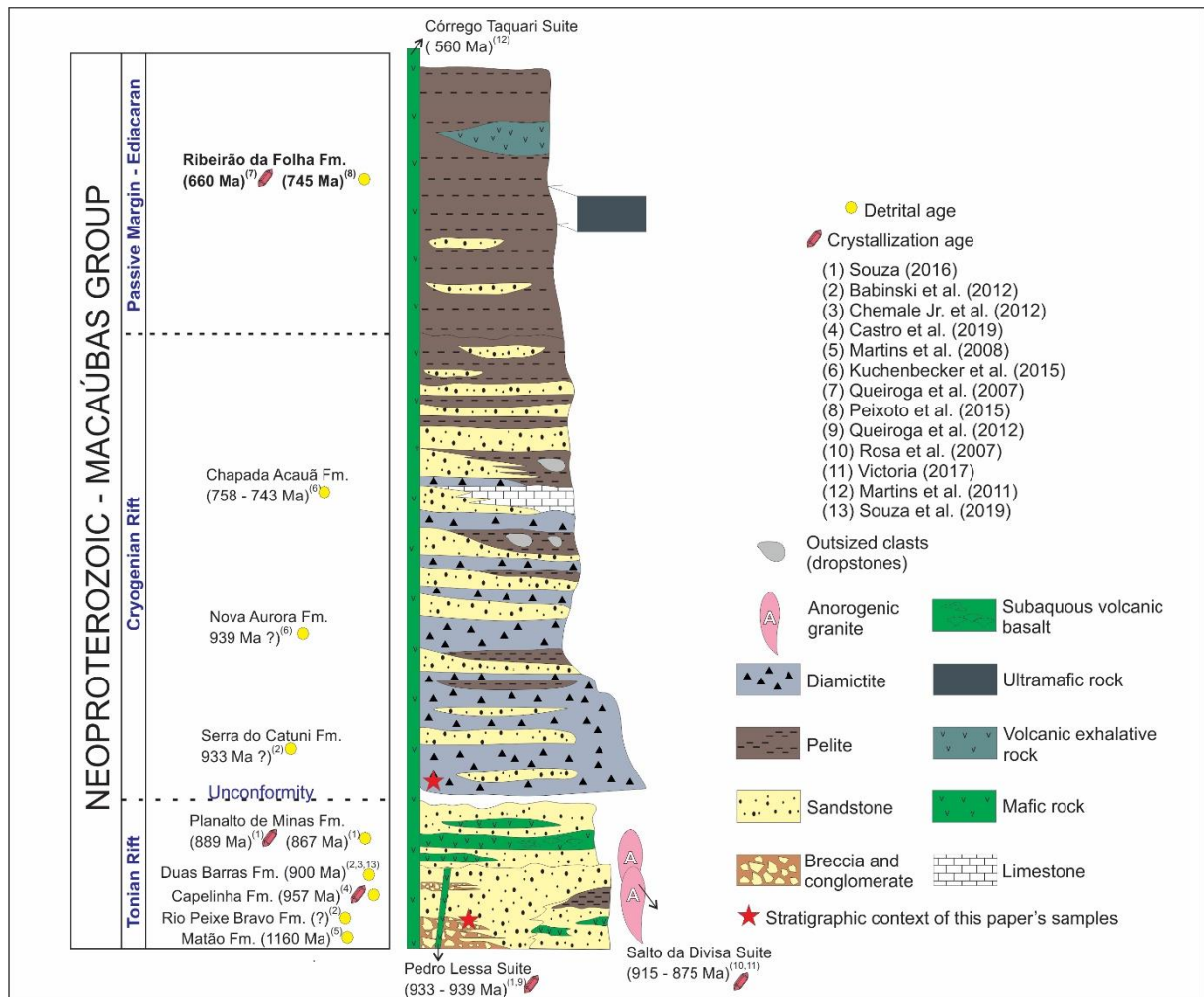
The Macaúbas Group (Figure 4.2) was understood as a single sequence, that recorded the evolution of a continental rift to a passive margin stage, under partial glacial influence (Karfunkel & Hope, 1988; Noce *et al.*, 1997; Pedrosa-Soares *et al.*, 2001, 2011; Martins-Neto & Hercos, 2002; Babinski *et al.*, 2012; Uhlein *et al.*, 1998, 2007). However, in the current state-of-the-art, the group comprises at least three evolutionary stages, which are partially associated with distinct episodes of anorogenic magmatism, and which are separated by an expressive regional non-conformity (Martins *et al.*, 2008; Pedrosa-Soares & Alkmim, 2011; Babinski *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015; Souza, 2016; Alkmim *et al.*, 2017; Castro *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2019).

The Tonian rift sequence (*ca.* 1000Ma - 860 Ma) of Macaúbas Group, marks the first attempt of crustal-breaking and it is recorded by Pedro Lessa Suite mafic dike intrusions between 905-930Ma (Machado *et al.*, 1989; Queiroga *et al.*, 2012; Souza, 2016), as well as for the anorogenic granitogenesis Salto da Divisa Suite, dated 875Ma (Silva *et al.*, 2008; Menezes *et al.*, 2012; Victoria, 2017). The sedimentation of this stage is recorded by the Matão-Duas Barras Formation (focus of this study), as well as by the Rio Peixe Bravo Formation (Figure 4.2, Noce *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2019).

*al.*, 2019), in addition to the volcano sedimentary sequences of the Capelinha and Planalto de Minas Formations (Souza, 2016; Castro *et al.*, 2019), with the Planalto de Minas Formation representing the late Tonian rift stage.



**Figure 4.1** - (A) Location and context of São Francisco and Congo cratons in Western Gondwana (modified from Alkmim *et al.*, 2006). (B) Geological sketch map showing the distribution of the Macaúbas Group in the Araçuaí orogen, in Brazil (modified from Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).



**Figure 4.2** - Stratigraphic column and geochronology data of the Macaúbas Group (modified from Pedrosa-Soares and Alkmim, 2011).

The Matão-Duas Barras Formation is a unit formed by metabreccia and monomitic metaconglomerates, varying from matrix-supported to clast-supported quartzite clasts, often stratified, that vary from pebbles to boulders. Overlapping these facies, under an internal erosive discordance, a higher level presents fining upward transitioning to coarse-grained quartzites, containing locally intercalations of monomitic conglomerate. Low-angle cross-stratifications are observed, with cross-tabular stratifications truncated at the base and at the top by plane-parallel stratifications, with a global pattern of paleocurrents, in the area type, indicating a sedimentary contribution to west-northwest (Martins *et al.*, 2008). This unit varies vertically and laterally from medium to coarse-grained quartzites, containing conglomeratic levels and subordinate phyllitic intercalations. Quartzites are poorly selected and impure, including a large amount of mica, feldspar, iron oxide and lithic fragments. Yellowish or gray color Quartz phyllites can occur, interspersed in quartzites (Martins *et al.*, 2008; Leite, 2013; Souza *et al.*, 2019). Souza *et al.* (2019), characterized this unit as deposited in fluvial-alluvial environments under the influence of extensional tectonic activity, associated with normal faults, between 1.0Ga and 933Ma.



Overlapping the Tonian rift, there is a cryogenian sequence formed by a glacial succession, which comprises the record of the second rift stage of Macaúbas basin (Serrado Catuní, focus of this study, Nova Aurora and Lower Chapada Acauã formations), and post glacial succession (Upper Chapada Acauã and Ribeirão da Folha formations) (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Babinski *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015).

The Serra do Catuní Formation commonly overlaps the Matão-Duas Barras Formation through an expressive regional erosive discordance, which represents an erosive stage that affected the units of the Tonian rift allowing the deposition of glacial sediments (Alkmim *et al.*, 2017), but normal and tectonic contacts are also observed, even occurring directly on rocks of the Espinhaço Supergroup (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce, 1997). This unit is made up of massive metadiamicite packages of different thicknesses with subordinate intercalations of meta-sandstones and metapelites. Literature describes clasts of quartzite, hyaline quartz, carbonates, gneiss, granitoid and phyllite in these metadiamicites; with varying granulometry from granule to boulders, immersed in a pelitic matrix. Glacial features such as dropstones and flat-iron-shape are present (Karfunkel & Hoppe, 1988; Grossi-Sad *et al.*, 1997; Noce, 1997). Massive meta-sandstones lenses up to 2 meters thick appear mainly at the top of the diamicites pile. (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Martins, 2006).

The Serra do Catuní Formation records underwater gravitational sedimentation, with a predominance of debris flows and lenticular intercalations of turbidites, interpreted as being of glacial-marine origin. Uhlein *et al.* (2007) attribute an extensional tectonic event as responsible for the gravitational sedimentation of Serra do Catuní Formation, showing a gap of approximately 50 Ma between this formation and the Matão-Duas Barras.

The maximum deposition age of the Serra do Catuní Formation, *ca.* 930 Ma, is still controversial (Babinski *et al.*, 2012; Caxito *et al.*, 2012; Kuchenbecker *et al.*, 2015). However, it is known that regionally, the diamicites of Serra do Catuní Formation gradate vertically and laterally to those of Chapada Acauã Formation, with a maximum deposition age of *ca.* 670 (glacial level with dropstone, Castro, 2019), and that both units are considered registers of the same glacial event (Karfunkel & Hoppe, 1988; Pedrosa-Soares *et al.*, 1992, 2008; Uhlein *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2008; Babinski *et al.*, 2012). Also, these diamicites can be correlated to those found in the Western Congo Belt (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011; Babinski *et al.*, 2012) attributed to Stuartian glaciation (Tack *et al.*, 2001; Frimmel *et al.*, 2006).

## **4.3 METHODOLOGY**

### **4.3.1 U-Pb zircon in situ dating**

Sample preparation and mounts confection followed the usual routine of the Laboratory of Sample Preparation for Geochemistry at the Federal University of Ouro Preto (Lopag / DEGEO). The samples went through the comminution and panning steps, followed by concentration of heavy minerals

fraction by gravimetry through the use of bromoform and magnetic separation of oxides by hand magnet and through the Frantz isodynamic separator. All of the resulting grains were assembled in Specifix type resin and imaged by cathodoluminescence using a JEOL scanning electronic microscope (SEM) model JSM-6510 at the Microanalysis Laboratory, of the same university (DEGEO).

The U-Pb age analysis were performed at the Laboratory of Isotopic Geochemistry (DEGEO), using the LA-ICP-MS method. It was used a Thermo-Finnigan Element II (sector field-SF) ICPMS equipment with a 193 nm laser Photon-Machine coupled. Data were collected in a sequence of 15 seconds (s) for blank (inert gas), 50 s for U, Th and Pb measurements during the laser ablation and 15 s for washing. The data acquisition was performed by the peak jumping mode for 30  $\mu\text{m}$  holes in diameter, with fluency between 6 - 8 J /  $\text{cm}^2$  and 10 Hz of frequency. The U-Pb geochronological standards used were BB ( $562 \pm 5$  Ma, Santos *et al.*, 2017) as a primary and tertiary standard, and Plešovice ( $337 \pm 1$  Ma; Sláma *et al.*, 2008) as a secondary standard.

An average of 100 shots were done per sample. Isotopic ratios and ages were obtained using the Glitter Shortcut 2.01 software (Van Achterbergh *et al.*, 2001). For Archaean to Mezoproterozoic grains (<800 Ma) the  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ratio were considered, only considering concordant ages between 90% and 110%.

#### 4.3.2 Cawood's diagram

Through the U-Pb ages, it is performing cumulative proportion curves, in which the Y-axis represents the accumulated proportion of grains and the X-axis represents the difference, in millions of years, between crystallization age of a single grain (CA) and the depositional age (DA) estimated for the unit to which it belongs. These curves were plotted on the tectonic discrimination diagram proposed by Cawood *et al.* (2012), which aims to elucidate the tectonic setting in which it was deposited as a sedimentary sequence, based on the different patterns of distribution of the detrital ages of different variables.

The criteria established by Cawood *et al.* (2012), define that if 5% of the youngest zircons have crystallization ages up to 150 Ma older than their deposition age, they were deposited in a basin under an extensional environment. If this statement isn't true and 30% of the youngest grains have a difference between the ages of crystallization and deposition under 100 Ma, the sediments were deposited in a convergent environment, that is in a collisional environment.

In this study, we considered the deposition age of 900 Ma for the Matão-Duas Barras Formation (Babinski *et al.* 2012), which is the youngest age for this unit available in the literature. Regarding the Serra do Catuní Formation, the assumed deposition age was 700Ma, considering the age of a glacial level of Chapada Acauã Inferior Formation (Castro 2019; lateral and vertical variation of the Serra do Catuní Formation), which is an equivalent age of a volcanic level intruded on the lower diamictitic unit (Straathof 2011), of the African counterpart of the paleocontinent San Francisco-Congo.

### 4.3.3 Kolmogorov–Smirnov test

The K-S test is a non-parametric statistical test that compares two distributions assessing whether they are different from one another or not, based on the test of a null hypothesis. In order to compare the probability-density diagrams plotted for different terrigenous complexes, it is common to apply the Kolmogorov–Smirnov test, based on estimating the difference between the maximum values of two distribution functions. (DeGraaff-Surpless *et al.*, 2003, Barbeau *et al.*, 2009, Guynn & Gehrels, 2010, Fernández-Suaréz *et al.*, 2013).

The K-S test statistics are calculated based on the cumulative frequency of the zircon ages obtained and the difference between the cumulative frequency of zircon ages obtained and the resulting curve if the probability distribution was normal (Marôco, 2011).

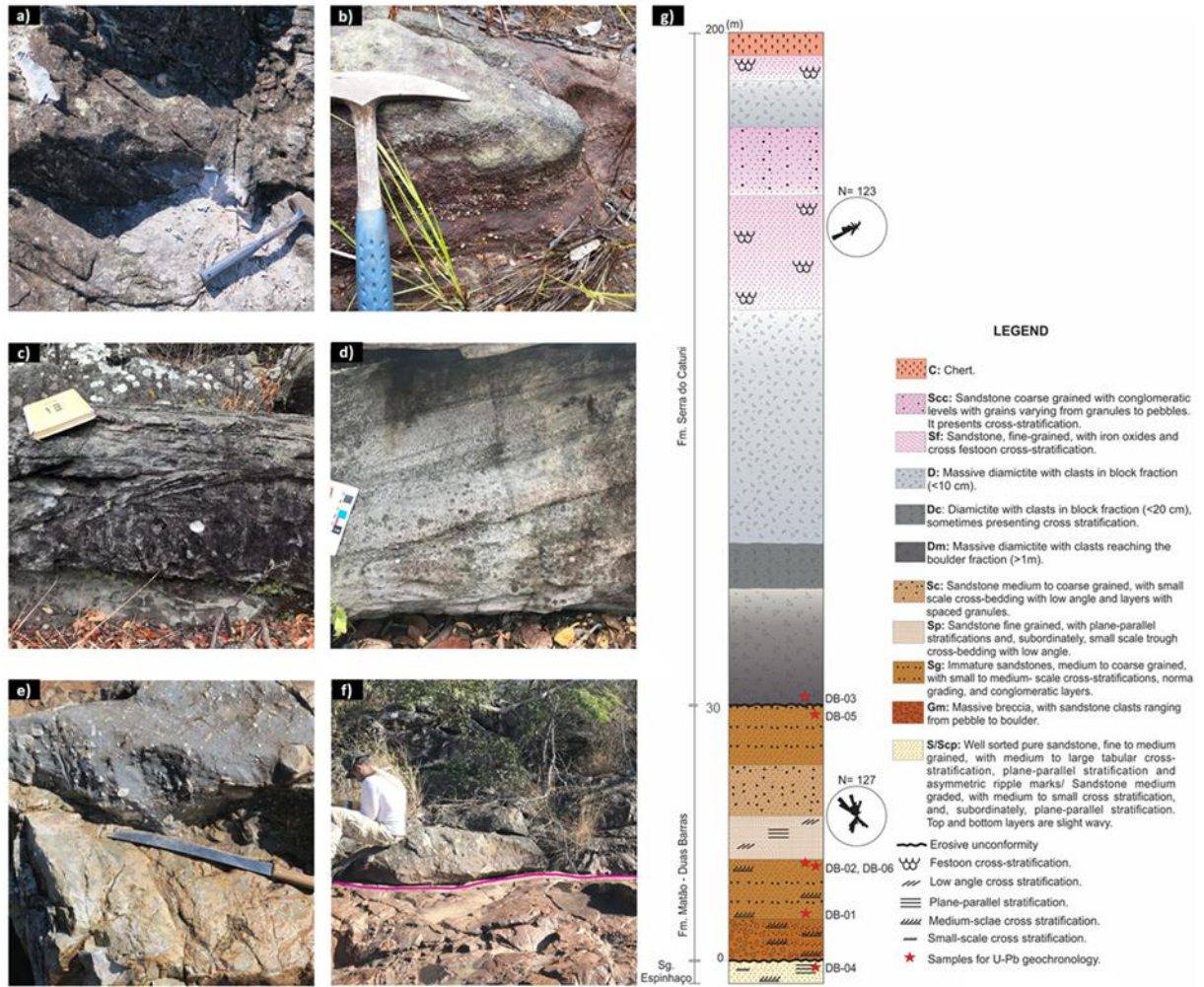
As a result, the K-S test produces a -D value that, when it is greater than a critical distance (defined by the chosen confidence interval) the K-S test fails and the two distributions don't present a common origin (Barbeau *et al.*, 2009); otherwise, it is considered that there is no evidence that populations are different (Guynn & Gehrels, 2010). Another result is a -p value, related to the level of significance (Guynn & Gehrels, 2010).

According to Barbeau *et al.* (2009), the accepted value of -p for provenance studies is 0.05, which corresponds to a 95% confidence interval. In this case: i) If  $p > 0.05$ , it is unlikely that the two samples are from different populations (same sources); and ii) If  $p < 0.05$ , it is likely that the two samples are from different populations (different sources). The -p value can be used to express the degree of difference between an age distribution group, enabling a comparison between them, so that the higher the -p value, the more similar the samples (Guynn & Gehrels, 2010).

For a comparative analysis, in addition to the new ages present in this paper, the U-Pb ages from the studies by Souza *et al.* (2019), Chemale *et al.* (2012), Kuchenbecker *et al.* (2015) and Babinski *et al.* (2012) were also plotted on the Cawood diagram and analyzed by K-S test. Espinhaço Supergroup samples from this work and Souza *et al.* (2019) were also submitted to the K-S test, tested as potential source candidates for provenance analysis.

### 4.3.4 Sample description

All samples were collected from the periclinal termination of the Southern Espinhaço Ridge, between the Olhos D'Água and Engenheiro Navarro cities, Minas Gerais. Sampling was realized during the geological surveys part of the first author's master degree. The surveys resulted in a locally stratigraphic section presented in the Figure 4.3, which also contains photos of the sampling outcrops. More local geology details are present the first author's master thesis (Oliveira, 2020).



**Figure 4.3** –Outcrops from which samples were collected a) Sample DB04 - Espinhaço Supergroup; b) Sample DB01 - Matão-Duas Barras Formation; c - d) Sample DB05 - Matão-Duas Barras Formation e – f) Samples DB02 and DB03 - The erosive contact between Matão-Duas Barras Formation and Serra do Catuní Formation. G) General stratigraphic column from the area where samples were collected including the paleocurrent for the Matão-Duas Barras and Serra do Catuní formations (Oliveira, 2020).

### ***Sample DB01***

The DB01 sample was collected along a tributary straining from the Santa Rita river. It is meta-sandstone very coarse to pebble grained, composed of rounded to sub-rounded quartz grains. There are also a few accessory minerals (2%) observed under an optical microscope, such as muscovite, tourmaline, and some quartzite fragments. In the field, normal grading, and conglomeratic layers are observed.

### ***Sample DB02***

The DB 02 sample was collected along the same straining as DB01. This sample is a well sorted meta-sandstone, medium to fine grained, with sub-rounded to rounded grains. The grains are mainly composed of quartz (99%) and a few accessory minerals. Texturally it is a supermature rock. In the outcrop small scale trough cross-stratification and plane-parallel laminations are observed.

### ***Sample DB03***

The sample is a metadiamicrite collected from an outcrop in contact with the rock where DB02 were sampled. This rock has clasts of variable sphericity and rounding. In the field, the clasts size ranging from granules to boulders. Most of the clasts are quartzite, but schist, quartz, granitoids, iron formation and altered carbonates are also present in lesser amounts and minor granulometry.

### ***Sample DB04***

This sample was collected along Santa Cruz river. The DB04 sample is a meta-sandstone medium grained, very well sorted with sub-rounded to round grains. It also has a mode of fine sand fraction consisting of rounded quartz grains. It is composed predominantly of quartz grains and a small fraction (<1%) of oxides minerals, observed under an optical microscope. In field, the outcrop showed parallel-plane stratification.

### ***Sample DB05***

The sample is a medium to coarse meta-sandstone, with moderate sorting degree and grains subrounded to round. This rock is formed by quartz, rare accessory minerals and lithic fragments. In field, small to medium tangential cross stratifications, and normal grading are observed, also occurring levels containing spaced clasts and conglomeratic levels.

### ***Sample DB06***

The DB06 Sample is a well-sorted meta-sandstone coarse, with sub-rounded to round grains, composed predominantly of quartz and a small portion (<2%) of accessory minerals and lithic fragments. In field, small to medium-scale tangential cross stratifications are observed.

## **4.4 RESULTS**

### **4.4.1 U-Pb (LA-ICP-MS) isotope data on zircon**

Overall, Archaean to Paleoproterozoic grains are round to sub-rounded with elongation ratio (length/width) of 2:1 /3:1 and stubbly to prismatic shape, occurring in lesser quantities those 1:1 (Figure 4.4). On the other hand, the youngest Ectasian and Stenian grains are sub-rounded to subhedral with elongation ratio (length/width) of 2:1, and prismatic or pyramidal shapes. The Probability Density Plot (PDP) illustrates the age peaks, better described below (Figure 4.5).

### ***Upper Espinhaço Supergroup, Sample DB04***

This sample has the smallest amount of zircon grains after sample preparation. In addition, of 98 holes made, only 41 were within the concordance range followed in this study (90-110%) and were analyzed. The U-Pb ages of this sample ranging from 3279-1258 Ma. Through this range, only 1 grain is Archean age 3279 Ma. Rhyacian-Orosirian zircons are the most abundant in this sample (66%), with main peaks in 2043 Ma, 2169 Ma, and 2269 Ma. Statherian zircons are 12% of this sample with main

peak at 1700 Ma. Calymmian age grains add up to 9.8% and rang between 1452-1585 Ma. Zircons of Ectasian are also present in this sample (9.8%), and the youngest grain in this sample is 1258 Ma.

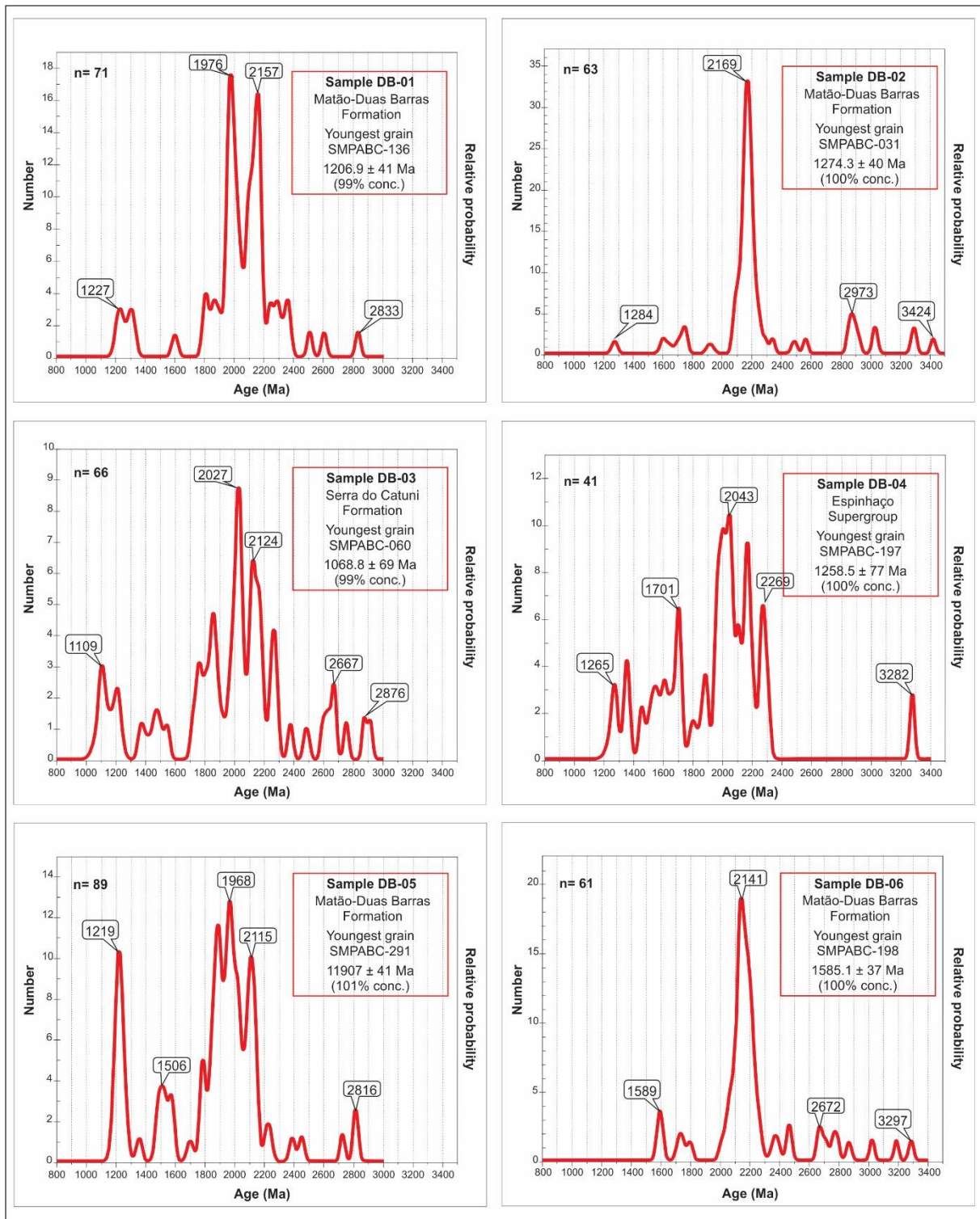
#### *Matão-Duas Barras Formation, Sample DB01*

From the 98 holes made, 71 grains were within the determined concordance range and were analyzed. Archean zircons (4.2%) range from 2508-2834 Ma. Rhyacian-Orosirian ages represent the largest proportion of this sample (84.5%), with two main peaks in 1976 and 2157 Ma. Only 2.8 % of the grains are Statherian age and range from 1599-1799 Ma. Calymmian age zircons weren't dated in this sample. Among the Ectasian zircons (8.5%) is the youngest zircon in this sample of 1206 Ma age.



**Figure 4.4** - Selected cathodoluminescence (CL) images of representative analyzed zircon grains for the Espinhaço Supergroup (DB04), the Matão-Duas Barras Formation (samples DB01, DB02, DB05 and DB06) and The Serra do Catuní Formation (DB03). The U-Pb ages are reported 207Pb/206Pb ages.





**Figure 4.5** - Probability density plot of the U-Pb ages in detrital zircon grains from Espinhaço Supergroup (DB04), the Matão-Duas Barras Formation (samples DB01, DB02, DB05 and DB06) and The Serra do Catuni Formation (DB03). The U-Pb ages are reported  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages.

#### ***Matão-Duas Barras Formation, Sample DB02***

For the sample DB02, 98 points were made, 63 of which were within the concordance range. This was the sample with the highest contribution of Archaean age grains (17.5%) ranging between 3423-2562 Ma, with a main peak at 2973 Ma. The Rhyacian-Orosirian zircons (73%) build the main age peak of this sample in 2169 Ma. A total of 6.4% of the dated grains are Statherian age, ranging between 1640-1752 Ma. Only one grain is Calymmian age, dated in 1597 Ma, but according to the error this may also be a Statherian zircon. A single Ectasian grain was dated, the youngest grain in 12174 Ma.

#### ***Matão-Duas Barras Formation, Sample DB05***

In this sample, 112 holes were made, 89 of which were analyzed. Only 3.5% of dated grains are Archaean and ranging between 2726-2818 Ma. Rhyacian-Orosirian zircons constitute 66% of the analyzed grains and ranging between 1820-2450 Ma. The Statherian zircon (5.5%) ranging between 1699-1787 Ma, and the Calymmiens (9%) between 1476-1579 Ma. This is the sample with the highest contribution of Ectasian age grains (17%), resulting in a single peak of 1219 Ma, in which the youngest grain is 1190 Ma.

#### ***Matão-Duas Barras Formation, Sample DB06***

The age of 61 grains, of the 98 that were drilled, was analyzed. Grains of Archaean age (15%) ranging between 2663-3291 Ma. The main peak of this sample in 2141 Ma is built by Rhyacian-Orosirian age between 2009-2470 Ma. Only 3% of zircons are Statherian, ranging from 1718 to 1744 Ma. Calymmian zircons (5%) constitute a single peak in 1589 Ma, the youngest grain in this sample is 1585 Ma.

#### ***Serra do Catuní Formation, Sample DB03***

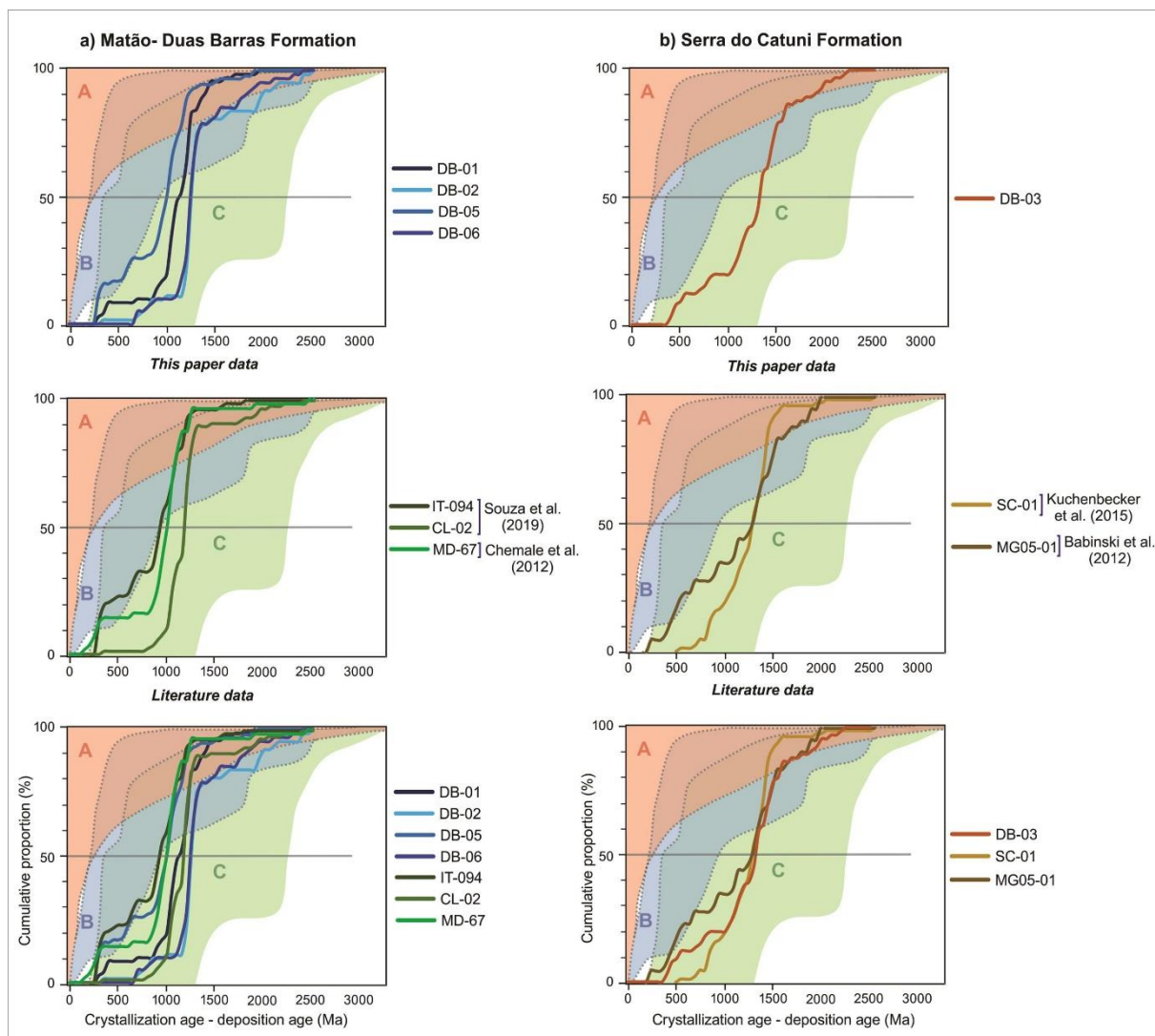
This sample show a flame-type pattern. In this sample, 66 of 98 grains drilled were analyzed. 10.5% of the zircons are Archaean age, ranging between 2597-2913 Ma. Rhyacian-Orosirian grains (64%) range between 1809-2484 and constitute the main peak of this sample in 2027 Ma, with subordinate peaks in 1860Ma and 2130Ma. Statherian grains (6%) vary from 1717-1767 Ma, Calymmian (6%) from 1417-1543 Ma and Ectasian (4.5%) from 1211-1368 Ma. This sample has 9% of Stenian age grains, varying between 1068-1109 Ma, the youngest grain is 1068Ma.

### **4.4.2 Cawood Diagram**

The new U-Pb ages obtained in this study, as well as the ages compiled from literature, were plotted in the cumulative zircon age proportion diagram proposed by Cawood (Figure 6), as described in the methodology, in order to verify the tectonic environment of the Macaúbas basin during the Early-Tonian and Cryogenian periods.



Regarding the Matão-Duas Barras Formation, all the cumulative proportion curves obtained for the four samples of this study, as well as the three samples from literature (Souza *et al.*, 2019; Chemale *et al.*, 2012), fall clearly in the extensional setting (Figure 6., fitting the criteria of >5% of population have CA-DA>150 Ma). The exponential growth of the curves between the 1000-1500Ma interval is due to the fact that it is an Early-Neoproterozoic basin (DA=900Ma), fed mainly by Paleoproterozoic sources (Figure 5), similar to what occurs with the Early-Neoproterozoic Moine (and Krummedal) succession, exemplified by Cawood *et al.* (2012).



**Figure 4.6** - Cumulative proportion curves of variation of the difference between the measured crystallization age for a detrital zircon grain and the depositional age of the succession in which it occurs plotted on the diagram proposed by Cawood *et al.* (2012).

Concerning the Serra do Catuní Formation, the cumulative proportion curve generated with this paper data and those generated with compiled data (Figure 5, Kuchenbecker *et al.*, 2015; Babinski *et al.*, 2012) fall in the extensional field and fit the youngest population criteria. In this case, the curves are more within the extensional field, due to the fact that the depositional age is younger (DA = 700Ma) increasing the CA-DA interval.

#### 4.4.3 KS-Test

The K-S test results (Table 4.1 and Table 4.2) shows the probability of similarity between a given sample in relation to the others evaluated. The value  $p > 0.05$  indicates that the compared zircon-age distributions are similar with a probability of more than 95%.

**Table 4.1** - K-S Test p-values using error in the CDF\* for Espinhaço Supergroup and Matão Duas Barras Formation

	Sample	DB-01	DB-02	DB-05	DB-06	CL-02	IT-094	MD-67	DB-04	CL-03	IT-095
Matão-Duas Barras Formation	DB-01 ( <i>this work</i> )		0,000	0,002	0,000	<b>0,849</b>	0,000	0,002	<b>0,180</b>	0,014	0,000
	DB-02 ( <i>this work</i> )	0,000		0,000	<b>0,977</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	<b>0,879</b>
	DB-05 ( <i>this work</i> )	0,002	0,000		0,000	0,000	<b>0,617</b>	<b>0,896</b>	<b>0,557</b>	0,000	0,000
	DB-06 ( <i>this work</i> )	0,000	<b>0,977</b>	0,000		0,003	0,000	0,000	0,000	<b>0,131</b>	<b>0,964</b>
	CL-02 (Souza <i>et al.</i> 2019)	<b>0,849</b>	0,000	0,000	0,003		0,000	0,000	0,025	<b>0,220</b>	0,001
	IT-094 (Souza <i>et al.</i> 2019)	0,000	0,000	<b>0,617</b>	0,000	0,000		<b>0,343</b>	<b>0,127</b>	0,000	0,000
	MD-67 (Chemale <i>et al.</i> 2012)	0,002	0,000	<b>0,896</b>	0,000	0,000	<b>0,343</b>		<b>0,337</b>	0,000	0,000
Espinhaço Supergroup	DB-04 ( <i>this work</i> )	<b>0,180</b>	0,000	<b>0,557</b>	0,000	0,025	<b>0,127</b>	<b>0,337</b>		0,001	0,000
	CL-03 (Souza <i>et al.</i> 2019)	0,014	0,014	0,000	<b>0,131</b>	<b>0,220</b>	0,000	0,000	0,001		<b>0,084</b>
	IT-095 (Souza <i>et al.</i> 2019)	0,000	<b>0,879</b>	0,000	<b>0,964</b>	0,001	0,000	0,000	0,000	<b>0,084</b>	

\* includes uncertainty in the construction of the Cumulative Distribution Function (CDF).

\*\* all the p-values  $> 0.05$  pass the test

**Table 4.2** - K-S Test p-values using error in the CDF\* for Serra do Catuní Formation

	Sample	DB-03	SC-01	MG05-01
Serra do Catuní Formation	DB-03 ( <i>this work</i> )		<b>0,343</b>	<b>0,604</b>
	SC-01 (Kuchenbecker <i>et al.</i> 2015)	<b>0,343</b>		<b>0,087</b>
	DB-05 (Babinski <i>et al.</i> 2012)	<b>0,604</b>	<b>0,087</b>	

\* includes uncertainty in the construction of the Cumulative Distribution Function (CDF).

\*\* all the p-values  $> 0.05$  pass the test

The K-S test result shows that samples from the Espinhaço Supergroup, CL03 and IT095, both from Central Espinhaço Ridge, are similar to each other, but differ from the DB04 sample, from Southern Espinhaço Ridge. The samples CL-02 and DB01, are similar to each other. The sample CL-02 is also similar to CL-03, and DB01 to DB04. The DB02 and DB06 samples are related to each other and also to the IT-095 sample. Samples IT-094, DB05 and MD67 are similar to each other, and also to DB04.

Regarding the Serra do Catuní Formation samples, the comparison between the sample DB03, from this work, and the two samples compiled from the literature (Kuchenbecker *et al.*, 2015; Babinski *et al.*, 2012) produce a value  $p > 0.05$  indicating that they all have the same age distribution.

## 4.5 DISCUSSIONS

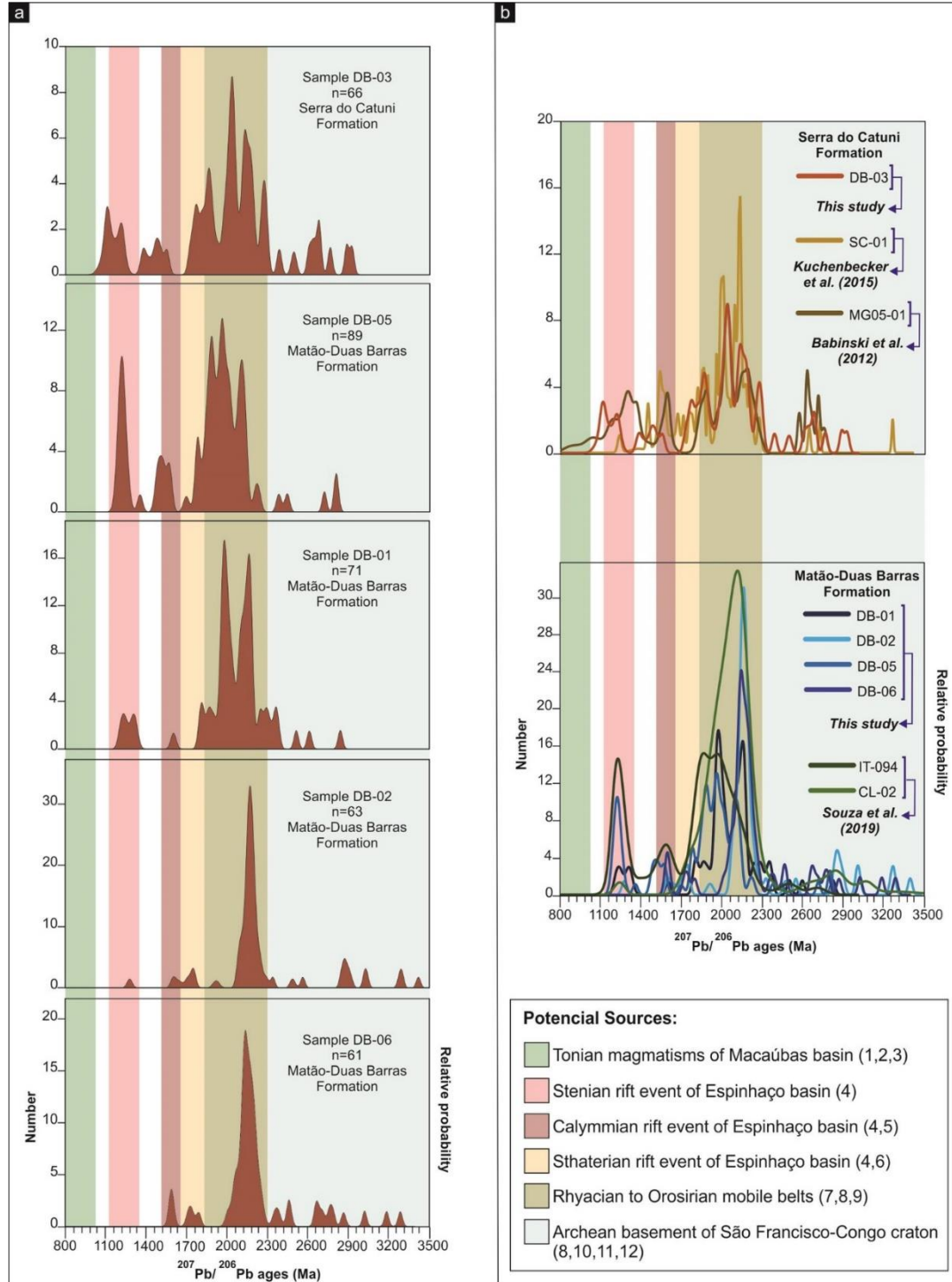
### 4.5.1 Detrital zircon U-Pb data and provenance constraints

Through the main age peaks of Matão Duas Barras Formation samples (Figure 4.7), potential sources were listed for this stage of the basin. The youngest age peaks between 1.1-1.2 Ga are possibly linked to the opening of the Stenian rift represented by the Sopa-Brumadinho Formation, which includes a conglomerate with a greenish matrix of dacitic composition at Southern Espinhaço (Chemale *et al.*, 2012). Also, the Sítio Novo Group at the Central Espinhaço, deposited by the end of the Mesoproterozoic and the beginning of the Neoproterozoic, could be related as a secondary source of the Stenian zircons (Costa & Danderfer, 2017). In turn, the grains with ages ranging between 1.3-1.6 Ga are related to the Calymnian rift system, documented in Chapada Diamantina and Central Espinhaço ranges (Danderfer *et al.*, 2009; Chemale *et al.*, 2012; Costa & Danderfer, 2017; Costa *et al.*, 2014, 2018; Bitencourt *et al.*, 2019). The rocks related to the Statherian rift, recorded in both the Southern and Central Espinhaço ranges, which struck the São Francisco-Congo paleocontinent, are responsible for peak ages between 1.8 to 1.68 Ga (Chemale *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2002; Danderfer *et al.*, 2009; Chemale *et al.*, 2012; Magalhães *et al.*, 2018; Bitencourt *et al.*, 2019; Costa *et al.*, 2018). The main peaks built around 2.0-2.1 Ga are based on the Rhyacian-Orosirian magmatic and high-grade metamorphic complexes found intruding on the Porterinha, Guanhões and Gouveia Complex blocks (Noce *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2015, 2016; Bersani *et al.*, 2018). Finally, the contribution of Archaean grains is due to the Archaean crystalline basement of Guanhões and Porterinha blocks, Gouveia complex, as well as the São Francisco Craton ancient nuclei (Silva *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2016; Teixeira *et al.*, 2000; Barbosa & Sabaté, 2004; Noce *et al.*, 2007).

Through a full compilation of detrital zircon U-Pb data from the literature, including all available U-Pb data for Matão-Duas Barras Formation (Martins *et al.*, 2008; Chemale *et al.*, 2012; Babinski *et al.*, 2012; Souza *et al.*, 2019; see Fig 4.1. for literature sampling location), 526 zircons were dated, ranging between 930-3333 Ma. Samples collected further south at Southern Espinhaço Ridge (Babinski *et al.*, 2012; Chemale *et al.*, 2012) have a greater contribution of Stenian zircons and a lower percentage of Calymnian grains when compared to those samples collected at the Central Espinhaço and northernmost at Southern Espinhaço (Martins *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2019, and this paper data). The sample from Babinski *et al.* (2012) are the only one that contains Tonian age grains. This fact may be related to the Calymnian sources being restricted to the central/northern portion of the Espinhaço Ridge (Danderfer *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2018; Bitencourt *et al.*, 2019), whereas layers of magmatic affinity related to the Stenian rift are just described at the Southern Espinhaço (Chemale *et al.*, 2012).

The Serra do Catuní Formation has a similar age pattern to the Matão-Duas Barras Formation (Figure 4.7), differing mainly for its increased peak in c.a. 1.0 Ga. The primary source from these grains are probably those magmatic rocks related to the Stenian-Tonian extensional episode related to opening

of the Sangha aulacogen in the Stenian-Tonian time boundary, such as the A-type Noqui granites (Tack *et al.*, 2001) in the West Congo belt, since magmatic rocks in this age has not been detected in the São Francisco-Congo craton. The presence of a source from the east (the Congo craton) is sustained by the paleocurrents from ENE to WSW (Figure 4.3).



**Figure 4.7** - (A) Synopsis of detrital zircon sources for the Matão-Duas Barras Formation and Serra do Catuni Formation from this paper data. (B) Synopsis of detrital zircon sources for the Matão-Duas Barras Formation and Serra do Catuni Formation from this paper data and literature. 1= Machado *et al.* (1989); 2=Souza (2016); 3=Castro (2014); 4= Chemale *et al.* (2012); 5 = Costa *et al.* (2014); 6 = Costa *et al.* (2018a); 7 = Noce *et al.* (2007); 8 = Silva *et al.* (2015); 9 = Bersan *et al.* (2018); 10 = Silva *et al.* (2002); 11 = Barbosa & Sabaté (2004); 12 = Teixeira *et al.* (2000).

#### 4.5.2 Cawood diagram and KS-Test

Corroborating what is currently postulated in the literature based on stratigraphic framework, geochemistry and geochronological studies, the Cawood diagram for the new U-Pb data in this paper, as well as for the data compiled from the literature, shows that Matão-Duas Barras Formation was deposited in an intra-continental rift system. In this scenario, the K-S test result provides some information about the sedimentary provenance through the evolutionary process of this system.

The K-S test result showed that the samples from Espinhaço Supergroup DB04 in this study differ from the IT095 and CL03 samples (Souza *et al.*, 2019). This fact corroborates the presence of a structural range between the two counterparts of the Southern Espinhaço Ridge and Northern Espinhaço Ridge up to the second stage of the Tonian rift, marked by the magmatism associated with Planalto de Minas Formation (Souza *et al.*, 2017; Souza, 2016).

The DB01 sample from Matão-Duas Barras Formation base in the study area, resembles the Espinhaço Supergroup DB04 sample, and the same is true in Souza *et al.* (2019), in which the base sample CL-02 resembles the CL-03 sample. This shows that the most basal samples of Matão-Duas Barras Formation reworked their own basement, and for this reason their main source is the rocks from Espinhaço Supergroup just below them.

The DB02 and DB06 samples, between the basal and intermediate portion of Matão-Duas Barras Formation in the study area (see stratigraphic section in Figure 3) are similar, showing that as the basin evolved, it began to receive sediment from sources other than the local basement itself. The DB02 sample, despite being associated with an intermediate facies in the stratigraphic column, is in direct contact with rocks of Serra do Catuní Formation, showing that in that location the basin was possibly less evolved, as a still small, isolated basin dominated by lateral input (Gawthorpe & Leeder, 2000; Harttley *et al.*, 2010).

Samples DB05, IT094 and MD67 show a high degree of similarity to each other, all of which refer to the upper portion of Matão-Duas Barras Formation, which may reflect that as the rift phase evolved, the sub-basins linked through axial drainage that connected basins at different altitudes while increasing erosion of rift-shoulders, (Connell *et al.*, 2012; Gawthorpe & Leeder, 2000; Harttley *et al.*, 2010; Prosser, 1993). The Espinhaço Supergroup was one of the main feeding sources in the Macaúbas basin, which explains the similarity of these samples with the DB04 sample.

The Cawood diagram for the Serra do Catuní samples from this paper and the literature, implies that this unit was deposited in an extensional setting, indeed. On the other hand, the K-S test shows that all the samples are similar to each other, what possible is a result that a most evolved stage, such as a sediment reworking in marine environments under glacial conditions in accord to the literature (Karfunkel & Hoppe, 1988; Martins-Neto *et al.*, 2001; Pedrosa-Soares *et al.*, 2008; Uhlein *et al.*, 1999; Kuchenbecker, 2015).

#### **4.5.3 Tectonics controls on the provenance evolution of the proximal Macaúbas rift basin**

From the spatio-temporal assessment of provenance in rift stages of Macaúbas basin, there are three interconnected factors that controlled its sediment provenance discussed below.

First, the complex arrangement of superimposed rift-basin cycles, which led to an inheritance tectonic control on the development of the depocenters of the Macaúbas rift, isolated by structural highs of the basement. This scenario, demonstrated by Souza *et al.* (2017; 2019) in the Northern Espinhaço Range, evidenced that the increases on the uplift of Porteirinha block (a large basement horst) was a critical control during the onset of the initial rift I stage of the Macaúbas basin in that region (recorded in the Matão-Duas Barras Formation). The present study showed a similar situation, but now the Guanhães and Gouveia blocks acted in this control.

Second, there were different uplifting ratios between the Porteirinha block and the Guanhães and Gouveia blocks. This tectonic control is indicated by the thickness of the Tonian Macaúbas units in these two regions (Northern and Southern Espinhaço Ranges). In the northern region, the Matão-Duas Barras Formation is thicker than the southern one, indicating a higher subsidence rate than in the southern depocenters. Therefore, the Porteirinha, Guanhães and Gouveia blocks (large horst basement blocks) were also uplifted with different rates. In addition, the detrital zircon spectra age for these two areas involves different source regions, even though they correspond to correlated units (as discussed in the preceding sections). As a result, these blocks acted as guides for the paleodrainages and the incorporation of the sediments.

Third, the transverse distance from the rift margin controls the efficacy of the sediments source, mixing and recycling during the mechanical episodes of extension for the Tonian and Cryogenian units (e.g. Olierook *et al.*, 2019). New and published data show that high proportions of Espinhaço units are the main source for the proximal Tonian sequences of Macaúbas Group. This could be explained by the fact that the Espinhaço rocks are the main basement of Macaúbas rift. However, the small distance between the rift depocenters and their boulders (small half-grabens and grabens) explains the pronounced recycling and signature of this source. This scenario is repeated in the Cryogenian rift, but now in a more evolved stage. Fault block rotations at the margins of the Macaúbas rift margins plus the reactivation of basin structures of Espinhaço basin cycle may also be important mechanisms that can promote a unimodal rift margin signature (e.g. Gawthorpe & Leeder, 2000).

Our model is consistent with those recently proposed, such as the analogue models of rifts with pre-existing heterogeneities by Molnar *et al.* (2019).



## 4.6 CONCLUSIONS

This study focuses on geochronology, provenance and tectonic setting of the Matão-Duas Barras and Serra do Catuní formations through detrital zircon U-Pb data. The dataset presented in addition to an overview of the available data from literature allow us to conclude that:

1. The age spectra of Matão-Duas Barras and Serra do Catuní formations are similar and have contributions of Archean and Rhyacian-Orosirian metamorphic complexes, as well as magmatic and sedimentary rocks related to the Sthaterian, Calyminian and Stenian basins;

2. The Serra do Catuní Formation age pattern differs from those from the Matão-Duas Barras Formation mainly for its increased peak in c.a. 1.0Ga. probably associated to the Stenian-Tonian extensional episode related to the Sangha aulacogen opening in the Stenian-Tonian time boundary. The presence of a source from the east (the Congo craton) is sustained by the paleocurrents from ENE to WSW;

3. The Matão-Duas Barras Formation in the Central Espinhaço Ridge has more input from Calyminian sources, and less contribution from Stenian sources when compared with the same unit in the Southern Espinhaço Ridge;

4. According to the diagram proposed by Cawood *et al.* (2012) both the Matão-Duas Barras and the Serra do Catuní formations were deposited in extensional setting, being registers of a Tonian and Cryogenian rifting-episode, respectively;

5. The KS-Test shows that the most basal samples of Matão-Duas Barras Formation reworked their own basement, and for this reason their main source is the rocks from Espinhaço Supergroup just below them;

6. Samples which refer to the upper portion of Matão-Duas Barras Formation, may reflect that as the rift phase evolved, the sub-basins linked through axial drainage that connected basins at different altitudes while increasing erosion of rift-shoulders;

7. The K-S test shows that all the Serra do Catuní samples are similar to each other, what possible is a result that a most evolved stage, such as a sediment reworking in marine environments;

8. The age spectra of the Macaúbas basin probably results from the contribution of both primary and secondary sources. However, its apparent that the Espinhaço Supergroup is a reliable potential sediment sources for the Macaúbas basin, showing that these are superimposed basins, where the Macaúbas basin reworked the Espinhaço Supergroup rocks.

## **Acknowledgments**

This article is part of the máster degree thesis by Rosana Gonçalves Oliveira at Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. This work was supported by CNPq (grant number 430798/2016-5 for Gláucia Nascimento Queiroga). The authors also acknowledge to staffs of the geochronological laboratory of Universidade Federal de Ouro Preto.



---

## **5.1 - INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL**

### ***Formação Matão Duas Barras***

A Formação Matão-Duas Barras na área de estudo está restrita, e confinada, à um par de lineamentos morfoestruturais de direção aproximada N60W. A litofácies basal desta unidade indicam um processo deposicional de alta energia e viscosidade e ocorrem apenas margeando estes lineamentos. A partir da análise estrutural em campo destes lineamentos, constatou-se que se tratam de falhas reversas, invertidas durante a orogenia brasileira que afetou toda a área de estudo. Analisando a sequência de litofácies sedimentares sugere-se que foram depositadas em um ambiente de leque aluvial na base que evoluiu para um sistema fluvial. A partir das informações estratigráficas associadas com os dados estruturais, sugere-se que a Formação Matão Duas Barras na área de estudo foi depositada sob regime extensional, representando um primeiro pulso do rifteamento toniano na região através da nucleação de um hemi-graben.

### ***Formação Serra do Catuní***

A litofácies basal da Formação Serra do Catuní na área de estudo, constituída por um diamictito maciço de clastos na moda matacão, ocorre exclusivamente associada aos lineamentos de direção N60W, indicando um reativamento do hemi-graben nucleado no período Toniano. Sobrepondo o diamictito maciço, ocorre um pacote de diamictito apresentando estratificações cruzadas, indicando um retrabalhamento em ambiente aquoso, seguido por um pacote de diamictito que ocorre recobrando toda a sequência e extrapolando os lineamentos morfoestruturais, indicando um período de avanço das geleiras. As fácies arenosas, livres de clastos, com estratificações cruzadas acanaladas, que ocorrem em seguida, registram deposição e retrabalhamento de sedimentos não glaciogênicos, indicando um recuo das geleiras. Um novo avanço das geleiras é marcado por mais um segundo nível diamictítico, novamente sobreposto pelas litofácies arenosas e por um nível de chert, sugerindo um ambiente marinho e registrando a superfície de maior inundação da bacia criogeniana na área de estudo.

## **5.2 - GEOCRONOLOGIA U-Pb**

As idades U-Pb obtidas neste trabalho das amostras analisadas neste trabalho não trouxeram ineditismo no que diz respeito a idade máxima de sedimentação das Formações Matão-Duas Barras e Serra do Catuní, apenas corroborando com o que é atualmente postulado na literatura. Entretanto, a análise do espectro de idades bem como os resultados do diagrama de Cawood e do teste K-S, para os dados obtidos neste trabalho bem como disponíveis na literatura, permitiram inferências pertinentes ao entendimento da evolução destas unidades.

Os resultados do Teste K-S mostram que nem todas as amostras da Formação Matão-Duas Barras tem um padrão de distribuição similar, o que pode ser resultado da evolução da bacia, que teria começado com sub bacias isoladas dominadas por drenagens laterais até evoluir para uma interligada através de uma drenagem axial principal. No que diz respeito a Formação Serra do Catuní, todas as amostras testadas apresentam padrão similar de distribuição, indicando uma fase mais evoluída da bacia Macaúbas.

O Diagrama de Cawood mostra que ambas as formações Matão-Duas Barras e Serra do Catuní foram depositadas em ambientes extensionais, corroborando com as interpretações acima, bem como o postulado na literatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim F. 2004. O que faz de um cráton um cráton? O Cráton do São Francisco e as revelações Almeidianas ao delimitá-lo. In: Mantesso-Neto *et al.* (eds) *Geologia do Continente Sul- Americano. Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Becca, São Paulo, 17–35.
- Alkmim F.F., Brito-Neves B.B., Castro-Alves J.A., 1993. Arcabouço tectônico do Cráton do São Francisco – uma revisão. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A. (eds.) *O Cráton do São Francisco*. SBG, Salvador, pp.: 45–62.
- Alkmim F.F., Chemale F., Endo I. 1996. A deformação das coberturas proterozoicas do Cráton do São Francisco e o seu significado tectônico. *Revista Escola de Minas* 49(1): 22–38.
- Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Cruz S.C.P. 2007. Sobre a evolução tectônica do orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos.*, 15 (1): 25-43.
- Alkmim, F.F. & Martins-Neto, M.A. 2001. A bacia intracratônica do São Francisco: arcabouço estrutural e cenários evolutivos. In: C.P. Pinto & Martins-Neto, M.A. (eds). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos naturais*. SBG, Belo Horizonte, 349p.
- Alkmim, F.F. & Martins-Neto, M.A. 2012. Proterozoic first-order sedimentary sequences of the São Francisco craton, eastern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 33:127-139.
- Alkmim, F.F., Kuchenbecker, M., Reis, H.L.S., Pedrosa-Soares, A.C., 2017. In: *The Araçuaí Belt*. Springer International Publishing, Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-01715-0_14).
- Alkmim, F.F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A. C., Peres G.G., Cruz S.C.P., Whittington A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí- West Congo orogen in Brazil and Africa: Nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of West Gondwana. *Precambrian Res.*, 149: 43-64.
- Almeida F.F.M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geociências*. 7: 349-364.
- Almeida-Abreu P.A. & Pflug R. 1992. Geodynamic evolution of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. Part I: the basin. In: 13. Westfälische Wilhelms-Universität Munster, Geowissenschaftliches Lateinamerikakolloquium, Atas, p.1.
- Almeida-Abreu P.A. 1993. A Evolução Geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geologia, Universidade de Freiburg (Alemanha). 150p.
- Almeida-Abreu P.A. 1995. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): O rifte, a bacia e o orógeno. *Geonomos*, 3(1): 1-18.
- Amaral, L. Caxito F. A., Pedrosa-Soares, C. A., Queiroga, G. N., Babinski, M., Trindade, R., Lana C., Chemale, F. 2020. Ribeirão da Folha ophiolite-bearing accretionary wedge (Araçuaí orogen, SE Brazil): New data for Cryogenian plagiogranite and metasedimentary rocks *Precambr. Res.*, 336 (2020), p. 105522, 10.1016/j.precamres.2019.105522
- Andersen T. 2005. Detrital zircons as tracers of sedimentary provenance: limiting conditions from statistics and numerical simulation. *Chemical Geology*, 216: 249-270.
- Augustin C.H.R.R., Fonseca B.M., Rocha L.C. 2011. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. *Geonomos*, 19(2): 50-69.
- Babinski M., Gradim R.J., Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Noce C.M., Liu D. 2005. Geocronologia U-Pb (SHRIMP) e Sm-Nd de xistos verdes basálticos do Orógeno Araçuaí: implicações para a idade do Grupo Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, 35(4-suplemento):77-81.
- Babinski, M., Trindade, R., Pedrosa-Soares, A.C., Martins, M., Noce, C.M., Liu, D. 2012. Neoproterozoic glacial deposits from the Araçuaí orogen, Brazil: Age, provenance and correlations with the São Francisco craton and West Congo belt. *Gondwana Research*, 21:451-465.
- Barbeau, D. L., E. B. Olivero, N. L. Swanson-Hysell, K. M. Zahid, K. E. Murray, and G. E. Gehrels. 2009. Detrital-zircon geochronology of the eastern Magallanes foreland basin: Implications for Eocene kinematics of the northern Scotia Arc and Drake Passage, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 284, 489– 503.



- Barbosa, J. S. F., Sabaté, P. 2002. Geological features and the Paleoproterozoic collision of four Archean crustal segments of the São Francisco Craton, Bahia, Brazil: a synthesis. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 74: 343-359.
- Barbosa, J. S., Sabaté, P. 2004. Archean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco craton, Bahia, Brazil: geodynamic features. *Precambrian Research*, 133(3): 1-27.
- Barreto H.N., Varajão C.A.C., Salgado A.A.R., Varajão A.F.D.C., Nalini Júnior H. A. 2012. Estudo das taxas de denudação química da Serra do Espinhaço Meridional (MG) com base na carga catiônica dissolvida. *Geociências UNESP*, v.31, n.4, 534-552.
- Bersan, S.M., Filho, A.D., Robério de Abreu, F., Lana, C., 2018. Petrography, geochemistry and geochronology of the potassic granitoids of the Rio Itacambirucu supersuite: implications for the Meso- to neoarchean evolution of the Itacambira-Monte Azul block. *Braz. J. Geol.* 48, 1–24. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201820170131>.
- Bitencourt, C.N., Cruz, S.C.P., dos Anjos Cruz, V., Pedrosa-Soares, A.C., Paquette, J.L., Alkmim, A.R., Barbosa, J.S.F., 2019. Rifting events in the southern sector of the Paramirim Aulacogen, NE Brazil: new geochronological data and correlations for the São Francisco – Congo paleocontinent. *Precambrian Res.* <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2018.12.005>.
- Boggs, S., 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press 2 eds. 600 p.
- Brito-Neves B.B., Campos-Neto M.C., Fuck R.A. 1999. From Rodinia to Western Gondwana: an approach to the Brasiliano-Pan African cycle and orogenic collage. *Episodes*, 22: 155-199
- Castro M.P. 2014. Caracterização geológica da Formação Capelinha como uma unidade basal do Grupo Macaúbas em sua área tipo, Minas Gerais. *DEGEO, UFOP, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado*, 146p.
- Castro, M. P. 2019. Evolução do Grupo Macaúbas e Formação Salinas no Orógeno Araçuaí Central, MG. Tese de doutorado. Departamento de Geologia – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 180p
- Castro, M. P., Queiroga, G., Martins, M., Alkmim, F., Pedrosa-Soares, A., Dussin, I., Souza, M.E., 2019. Na early Tonian rifting event affecting the São Francisco-Congo paleocontinent recorded by the Lower Macaúbas Group, Araçuaí Orogen, SE Brazil. *Precambrian Research*, 331, 105351. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.105351>.
- Cawood P.A., Hawkesworth C.J., Dhuime B. 2012. Detrital zircon record and tectonic setting. *Geology* 40: 875-878.
- Caxito F.A., Halverson G.P., Uhlein A., Stevenson R., Dias T.G., Uhlein G.J. 2012. Marinoan glaciation in east central Brazil. *Precambrian Research*. 200-203: 38-58.
- Chaves M.L.S.C. & Andrade K.W. 2009. Folha Bocaiúva 1:100.000. Brasília, Programa Geologia do Brasil, Convênio CPRMIGC/UFMG, Relatório Final, 73p.
- Chaves, A. de O., Ernst, R.E., Söderlund, U., Wang, X., Naeraa, T., 2019. The 920–900 Ma Bahia-Gangila LIP of the São Francisco and Congo cratons and link with Dashigou- Chulan LIP of North China craton: new insights from U-Pb geochronology and geochemistry. *Precambrian Res.* <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2018.08.023>.
- Chemale F., Dussin I.A., Martins M., Santos M.N. 2011. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). *Geonomos*, 19(2):173-180.
- Chemale Jr., F., Dussin, I.A., Alkmim, F.F., Martins, M.S., Queiroga, G., Arsmtrong, R., Santos, M.N. 2012. Unravelling a Proterozoic basin history through detrital zircon geochronology: The case of the Espinhaço Supergroup, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research*, 22(1): 200-206.
- Chula A.M .D. 1996. Caracterização geológica e geoquímica dos metamagmatitos e metassedimentos da região de Planalto de Minas, Município de Diamantina, MG. Dissertação de Mestrado, IGC/UFMG, 157 p.
- Coe A.L. (ed). 2010. *Geological Field Techniques*. Wiley-Blackwell, Inglaterra. 337p.
- Condie K. C., Belousova E., Griffin W.L., Sircombe K.N. 2009. Granitoid events in space and time: Constraints from igneous and detrital zircon age spectra. *Gondwana Research*, 15: 228-242.
- Connell, S. D., W. Kim, C. Paola, and G. A. Smith, 2012, Fluvial Morphology and Sediment-Flux Steering of Axial-Transverse Boundaries In An Experimental Basin: *Journal of Sedimentary Research*, v. 82, no. 5, p. 310–325, doi:10.2110/jsr.2012.27.

- Cordani U. G., Brito-Neves B. B., D'agrella Filho M. S., Trindade R. I. F. 2003. Tearing-up Rodinia: the Neoproterozoic paleogeography of South American cratonic fragments. *Terra Nova.*, 15: 343-349.
- Cordani U.G., Pimentel M.M., De Araújo C.E.G., Basei M.A.S., Fuck R.A., & Girardi V.A.V. 2013. Was there an Ediacaran Clymene ocean in central South America?. *American Journal of Science*, 313(6): 517-539.
- Costa C.A. & Danderfer F.A. 2017. Tectonics and sedimentation of the central sector of the Santo Onofre rift, north Minas Gerais, Brazil. *Braz. J. Geol.*, 47(3): 491-519.
- Costa, A.F. de O., Danderfer, A., Bersan, S.M., 2018a. Record of a Statherian rift-sag basin in the central Espinhaço range: facies characterization and geochronology. *J. South Am. Earth Sci.* 82, 311–328. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.10.014>.
- Costa, A.F. O., Danderfer, A., Lana C.C. 2018b. Stratigraphic and geochronological characterization of the Mato Verde group, Central Espinhaço (Brazil): An Eocalyymmian rifting record in the western domain of the Congo-São Francisco paleocontinente. *Journal of South America Earth Sciences*, 84: 16-33.
- Costa, A.F.O., Danderfer Filho, A., Lana, C., 2014. O registro do vulcanismo calimiano no Espinhaço Central (MG): Caracterização petrofaciológica, geoquímica e geocronológica. *Rev. Bras. Geociências* 2, 119–135.
- D'Agrella-Filho M. S. & Cordani U. G. 2017. The Paleomagnetic Record of the São Francisco-Congo Craton. In *São Francisco Craton, Eastern Brazil* (305-320). Springer International Publishing.
- Danderfer A., de Waele B., Pedreira A.J., Nalini H.A. 2009. New geochronological constraints on the geological evolution of Espinhaço basin within the São Francisco Craton-Brazil. *Precambrian Research*, 170: 116-128.
- DeGraaff-Surpless, K., Mahoney, J.B., Wooden, J.L., and McWilliams, M.O., 2003. Lithofaces control ins detrital zircon provenance studies: Insights from de Cretaceous Methow Basin: *Geological Society of America Bulletin*, 115: 899 – 915. <https://doi.org/10.1130/B25267.1>.
- Dickinson W. R. & Gehrels G. E. 2009. U-Pb ages of detrital zircons in Jurassic eolian and associated sandstones of the Colorado plateau: Evidence for transcontinental dispersal and intraregional recycling of sediment. *Bulletin of the Geological Society of America*, 121(3-4): 408-433.
- Dossin I.A., Chaves M.L. de S.C., Uhlein A. & Alvarenga C.J.S. de. 1985. Geologia e Depósitos Diamantíferos da Região de Sopa, Diamantina (MG)., III Simp.Geol. Minas Gerais, BH, Bol. 5: 276 – 290.
- Dossin I.A., Dossin T.M., Chaves M.L.S.C. 1990. Compartimentação estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais – Os grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Revista Bras. Geociências* 20 (1-4): 178–186.
- Dussin I.A. & Dussin T.M., 1995. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos*, 3:19-26.
- Dussin T.M., Dussin I.A., Macambira M.J.B. 2000. Chronology of Mesoproterozoic Guanhões River Sequence: 207Pb/206Pb Single Zircon Evaporation Data of Metavolcanic Rocks (Minas Gerais, Brazil). In: *Inter. Geol. Congress, Rio de Janeiro, Abstracts Vol.*, CD.
- Eschwege W. L. von. 1822. *Geognostisches Gemälde von Brasilien und Wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten*. Weimar (Landes Industrie - Comptoir), 44 p.
- Fernandes M.L.S. Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C., Correia Neves J.M. 2000. U-Pb geochronology of the Borrachudos Suíte: evidence of Brasiliano tectonism recorded by late Paleoproterozoic anorogenic granites (Araçuaí Belt, Minas Gerais, Brazil). In: *Inter. Geol. Congress, 31, Abstract volume* (CD). Rio de Janeiro.
- Fernández-Suárez, J., Gutiérrez-Alonso, G., Pastor-Galán, D., Hofmann, M., Murphy, J., Linnemann, U., 2013. The Ediacaran–Early Cambrian detrital zircon record of NW Iberia: possible sources and paleogeographic constraints. *International Journal of Earth Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1007/s00531-013-0923-3>.
- Fogaça A.C.C., Almeida-Abreu P.A. & Schorscher H.D. 1984. Estratigrafia da seqüência supracrustal arqueana da porção meridiana-central da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais. In: *XXXIII Cong. Bras. Geol.*, 6: 2654-2667.
- Frimmel H.E., Tack, L., Basei, M., Nutman, A., Boven, A., 2006. Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo. *Journal of African Earth Sciences* 46, 221–239.
- Gawthorpe, R.L. and M.R. Leeder. 2000, Tectono-sedimentary evolution of active extensional basins: *Basin Research*, v. 12/3-4, p. 195-218.

- Gehrels G. 2012. Detrital zircon U-Pb geochronology: current methods and new opportunities, in tectonics of sedimentary basins. In: *Tectonics of Sedimentary Basins: Recent Advances*, 45-62.
- Gehrels G. 2014. Detrital zircon U-Pb geochronology applied to tectonics. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 42: 127-149.
- Gradim R.J., Alkmim F.F., Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C.M. 2005. Xistos verdes do alto Araçuaí, Minas Gerais: Vulcanismo básico do rifte neoproterozóico Macaúbas. *Revista Brasileira de Geociências*, 35 (4): 59-69.
- Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares-Filho B.S. 1997. Projeto Espinhaço em CD-ROM. CODEMIG, Belo Horizonte, 2693 p. e 23 mapas.
- Guynn J., Gehrels G. 2010. Comparison of detrital zircon age distributions using the KS test. Tucson: Arizona LaserChron Center, University of Arizona.
- Hartley A.J., Weissmann G.S., Nichols G.J. & Warwick G.L. 2010. Large distributive fluvial systems: characteristics, distribution, and controls on development. *Journal of Sedimentary Research*, 80, 167–183.
- Hawkesworth C., Dhuime B., Pietranik A., Cawood P., Kemp T., Storey C. 2010. The Generation and Evolution of the Continental Crust. *Journal of the Geological Society*, 167: 229-248.
- Heilbron M., Duarte B.P., Valeriano C.M., Simonetti A., Machado N., Nogueira J.R. 2010. Evolution of reworked Paleoproterozoic basement rocks within the Ribeira belt (Neoproterozoic), SE-Brazil, based on U Pb geochronology: Implications for paleogeographic reconstructions of the São Francisco-Congo paleocontinent. *Precambrian Research*, 178: 136-148.
- Heilbron M., Pedrosa-Soares A.C., Campos-Neto M., Silva L.C., Trow R., Janasi V. 2004. Brasiliano Orogens in Southeast Brazil. *The Advance-Progress*, 17: 1-82.
- Hettich, M. 1975. A glaciação proterozóica no centro norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Geociências*, 7(2):87-101.
- Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chem. Geol.*, 211: 47–69.
- Karfunkel, B. & Karfunkel, J. 1976. Geologia da Serra do Espinhaço no norte de Minas Gerais (Itacambira-Botumirim), 29º Cong. Bras. Geologia, Anais Vol. 2, Ouro Preto, p. 169-177.
- Karfunkel, J. & Hoppe, A. 1988. Late Proterozoic glaciation in central-eastern Brazil: synthesis and model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 65: 1-21.
- King L.C. 1956. Geomorfologia do Brasil Oriental. *Rev. Bras. Geografia*, 18(2):147-265.
- Knauer L.G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, 15(1): 81-90.
- Knauer L.G., Silva L.L., Souza F.B., Silva L.R., Carmo R.B. (2006). Folha Monte Azul 1:100.000 – Relatório Final. Convenio UFMG/CPRM, Programa Geologia do Brasil, 87 pp., Brasília.
- Kolmogorov, A.N.: Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari* 4, 83–91 (6.1) (1933)
- Kuchenbecker M., Atman D., da Costa R. D., Pedrosa-Soares A. C., Babinski M. 2016. A Formação Gorutuba: sedimentação litorânea a continental na margem leste da Bacia Bambuí (MG). *Geologia USP. Série Científica*, 16(2): 67-81.
- Kuchenbecker M., Pedrosa-Soares A. C., Babinski M., Fanning M. 2015. Detrital zircon age patterns and provenance assessment for pre-glacial to post-glacial successions of the Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, Brazil. *Precambrian Research* 266: 12-26.
- Leite M.M. 2013. Sistemas deposicionais e estudo de proveniência sedimentar do Supergrupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas na porção ocidental do Anticlinal de Itacambira (MG). Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 90p.
- Lima S.A.A., Martins-Neto M.A., Pedrosa-Soares A.C., Cordani U.G., Nutman A. 2002. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: Uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí com base em evidências sedimentares, metamórficas e idades U-Pb SHRIMP. *Rev. Bras. Geociên.*, 32: 491-500.
- Ludwig K.R. 2001. User's manual for Isoplot/ Ex Version 2.49. A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center, Berkeley, CA, USA, Spec Pub 1a, 59 p.

- Ludwig K.R. 2003. Isoplot/Ex version 3.00, A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4: 73 p.
- Machado N., Schrank, A., Abreu F. R., Knauer L. G., Almeida-Abreu P. A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia, 10: 171-174.
- Machado N., Schrank, A., Abreu F. R., Knauer L. G., Almeida-Abreu P. A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional. Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia, 10: 171-174.
- Magalhães, J.R., Pedrosa-soares, A., Dussin, I., Müntener, O., Pinheiro, M.A.P., Carlos, L., 2018. First Lu-Hf,  $\delta^{18}\text{O}$  and trace elements in zircon signatures from the Statherian Espinhaço anorogenic province (Eastern Brazil): geotectonic implications of a silicic large igneous province. 48, 735–759.
- Maroco, J. P. 2011. Análise Estatística com o SPSS Statistics. ed. 5. Pêro Pinheiro: ReportNumber.
- Martins, M., Karfunkel, J., Noce, C.M., Babinski, M., Pedrosa Soares, A.C., Sial, A.N., Liu, D. 2008. A sequência pré-glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do Rifte Araçuai. Revista. Brasileira de Geociências, 38(4), 761-772.
- Martins, M.S. 2006. Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio Macaúbas (MG). Tese de doutoramento, Universidade Federal de Minas Gerais, IGC/Colegiado Pós-graduação, 248p.
- Martins-Neto M. A. & Hercos C.M. 2002. Sedimentation and tectonic setting of Early Neoproterozoic glacial deposits in southeastern Brazil. In: Altermann, W. & Corcoran, P. L. (eds) Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional Systems. International Association of Sedimentologists, Special Publications., 33: 383–403.
- Martins-Neto M.A. 1995. Tectono-estratigrafia da Bacia Espinhaço no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, SBG/MG, p.25-27 (Boletim 13).
- Martins-Neto M.A. 1998. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Paleo/Mesoproterozóico. Revista Brasileira de Geociências, 28(2): 151-168.
- Martins-Neto M.A. 2000. Tectonics and sedimentation in a Paleo/Mesoproterozoic Rift-Sag Basin (Espinhaço Basin, southeastern Brazil). Prec. Res. 103:147-173.
- Martins-Neto M.A. 2007. Proterozoic first-order sedimentary successions of the São Francisco Basin in eastern Brazil. Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften 158: 31-44.
- Martins-Neto M.A., Pedrosa-Soares A.C., Lima S.A.A. 2001. Tectono-sedimentary evolution of sedimentary basins from late Paleoproterozoic to late Neoproterozoic in the São Francisco cráton and Araçuai fold belt, eastern Brazil. Sedimentary Geology 141-142: 343–370.
- Menezes, R.C.L., Conceição, H., Rosa, M.L.S., Macambira, M.J.B., Galarza, M.A., Rios, D.C., 2012. Geoquímica e geocronologia de granitos anorogenicos tonianos (c.914–899 Ma) da Faixa Araçuai no Sul do Estado da Bahia. Geonomos 20, 1–13.
- Messias-Martins R., Amorim M.A.F., Augustin C.H.R.R., Azevedo P.A.A. 2013. Relação entre a forma da vertente, cobertura superficial e sítios geomorfológicos na bacia do ribeirão Chiqueiro, depressão de Gouveia, serra do Espinhaço Meridional – MG. Geonomos, 21(2): 38-45.
- Miall A.D. 2016. Stratigraphy: A modern synthesis. Ed. Springer, Canada. 464p.
- Miall, A.D., 2000. Principles of Sedimentary Basin Analysis, 3rd ed. Springer-Verlag, New York.
- Moraes, L.J. 1932. Área ocupada pela Formação Macaúbas no norte de Minas Gerais. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 4:111-114
- Murphy M.A. & Salvador A. 2003. Guia Estratigráfico Internacional – Uma versão condensada. Soc. Brasil. De Geologia. 56p.
- Noce C.M., Fogaça A.C.C. 1996. Mapa geológico da Folha Curimataí 1:100.000. Projeto Espinhaço. COMIG/UFMG.
- Noce C.M., Pedrosa-Soares A.C., Grossi-Sad J.H., Baars F.J., Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Oliveira M.J.R., Roque N.C. 1993. Nova divisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuai: o registro de uma bacia neoproterozóica. Anais 9º Simp. Geol. Minas Gerais – SBG Núcleo MG. Bol. 14: 29-31.

- Noce C.M.; Pedrosa-Soares A.C.; Silva L.C.; Alkmim F.F. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos* 15(1): 17-23.
- Noce, C. M. 1997. Geologia da Folha Curimataí. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. & Soares Filho, B. S. (coordenadores e editores). Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 1199-1250.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares, A.C.; Grossi-Sad, J.H.; Baars, F.J.; Guimarães, M.L.V.; Mourão, M.A.A.; Oliveira, M.J.R.; Roque, N.C. 1997. Nova subdivisão estratigráfica regional do Grupo Macaúbas na Faixa Araçuaí: o registro de uma bacia neoproterozóica. In: SBG, Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 9, Ouro Preto, Anais, 29-31.
- Oliveira, R. G. 2020. Comportamento estratigráfico e proveniência sedimentar do Grupo Macaúbas na terminação periclinal da Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.
- Paula-Santos G. M., Babinski M., Kuchenbecker M., Caetano-Filho S., Trindade R. I., Pedrosa-Soares A.C. 2015. New evidence of Ediacarian age for the Bambuí Group in southern São Francisco craton (Eastern Brazil) from zircon U–Pb data and isotope chemostratigraphy. *Gondwana Research*, 28(2):702-720.
- Pedrosa-Soares A. C., Noce C. M., Vidal P., Monteiro R., Leonardos O. H. 1992. Toward a new tectonic model for the Late Proterozoic Araçuaí (SE Brazil) - West Congolian (SW Africa) Belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 6: 33-47
- Pedrosa-Soares A.C. & Alkmim F.F. 2011. The Brazilian counterpart of the Araçuaí-West Congo orogen. In: Gondwana 14 International Symposium, Búzios, Brazil, Field Trip Guide, 44 p.
- Pedrosa-Soares A.C. & Wiedemann-Leonardos C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. In: U. Cordani, E. Milani, A. Thomaz-Filho & D. A. Campos (eds), *Tectonic Evolution of South America*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 265-285.
- Pedrosa-Soares A.C., Alkmim F.F., Tack L., Noce C.M., Babinski M., Silva L.C., Martins- Neto M. 2008. Similarities and differences between the Brazilian and African counterparts of the Neoproterozoic Araçuaí-West Congo orogen. *Geological Society of London, Special Publications*, 294: 153-172.
- Pedrosa-Soares A.C., Babinski M., Noce C.M., Maximiliano M., Queiroga G., Vilela F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, SE Brazil. *Geological Society, London, Memoirs*, 36: 523-534.
- Pedrosa-Soares A.C., Cordani U.G., Nutman A. 2000. Constraining the age of Neoproterozoic glaciation in eastern Brazil: first U-Pb (SHRIMP) data of detrital zircons. *Rev. Bras. de Geociências*, 30:58-61.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Alkmim F.F., Silva L.C., Babinski M., Cordani U., Castañeda C. 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. *Geonomos*, 15(1): 1-16.
- Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Wiedemann C.M., Pinto C.P. 2001. The Araçuaí-West-Congo Orogen in Brasil: an overview of a confined orogen formed during Gondwanaland assembly. *Precambrian Research*, 110: 307-323.
- Pedrosa-Soares, A.C.; Babinski M.; Noce C.M.; Martins, M.; Queiroga, G.; Vilela F. 2011. The Neoproterozoic Macaúbas Group, Araçuaí orogen, SE Brazil. *Geological Society, London, Memoirs*, 36: 523-534.
- Peixoto, E., Pedrosa-Soares, A.C., Alkmim, F.F., Dussin, I.A., 2015. A suture-related accretionary wedge formed in the Neoproterozoic Araçuaí orogen (SE Brazil) during Western Gondwanaland assembly. *Gondwana Res.* <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.11.010>.
- Petri S., Coimbra A.M., Amaral G., Ojeda H.O., Fúlfaro V.J., Ponçano W.P. 1986. Código Brasileiro de nomenclatura estratigráfica. *Revista Brasileira de Geociências*, 16:372-376.
- Pflug R. 1968. Observações sobre a Estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, Boletim 142, 20 p.
- Pflug, R. & Renger, F. 1973. Estratigrafia e evolução geológica da margem sudeste do Cráton Sanfranciscano. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, Anais, 2: 5-19.
- Porada H. 1989. Pan-African rifting and orogenesis in southern to equatorial Africa and Eastern Brazil. *Precambrian Res.*, 44:103-136.
- Prosser, S., 1993, Rift-related linked depositional systems and their seismic expression: Geological Society, London, Special Publications, v. 71, no. 1, p. 35–66, doi:10.1144/GSL.SP.1993.071.01.03.

- Queiroga G.N., Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Alkmim F.F., Pimentel M.M., Dantas E., Martins M., Castañeda C., Suito M.T.F., Prichard R. 2007. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: the U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. *Geonomos.*, 15 (1): 61-65.
- Queiroga, G.N., 2010. Caracterização de restos de litosfera oceânica do Orógeno Araçuaí entre os paralelos 17° e 21°S. (Ph.D. Thesis). Instituto de Geociências. Univ. Fed. Minas Gerais 180, p.
- Queiroga, G.N., Dussin, I.A., Martins, M., Machado, M.C., Kawashita, K., Chemale, F., 2012. Roteiro de Campo – Rochas Ígneas. In: Dussin, I.A., Chemale, F. (Eds.), *Geologia Estrutural e Estratigrafia do Sistema Espinhaço – Chapada Diamantina e sua Aplicação nas Bacias Mesocenozóicas da Margem Passiva Brasileira*. FUNDEP/ PETROBRÁS, Belo Horizonte, pp. 170–195
- Reis H. L. & Alkmim F. F. 2015. Anatomy of a basin-controlled foreland fold-thrust belt curve: The Três Marias salient, São Francisco basin, Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 66: 711-731.
- Saadi A. 1995. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos*, Belo Horizonte, 3(1): 41-63.
- Santos A.C.A. 2013. Operacionalização da Técnica de Catodoluminescência e Aplicação ao Estudo do Quartzo. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território – Universidade do Porto, 154p.
- Santos M.M., Lana C., Scholz R., Buick I., Schmitz M.D., Kamo S.L., Gerdes A., Corfu F., Tapster S., Lancaster P., Storey C.D., Basei M.A.S., Tohver E., Alkmim, A., Nalini H., Krambrock K., Fantini C. 2017. A new appraisal of Sri Lankan zircons as reference material for in situ U–Pb geochronology, REE analyses and Lu–Hf isotope tracing. *Geostand. Geoanal. Res.*
- Schmitz M.D., Bowring S.A., de Wit M.J., Gartz V. 2004. Subduction and terrane collision stabilize the western Kaapvaal craton tectosphere 2.9 billion years ago. *Earth and Planetary Science Letters*, 222: 363–376. Schmitz *et al.*, 2004
- Schöll W. & Fogaça A.C.C. 1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. In: I Simp. Geol. Minas Gerais, Anais, 55-73.
- Schöll W.U. 1972. Der Südwestliche Randbereich der Espinhaço Zone, Minas Gerais, Brasilien. *Geol. Rdsch.*, 61(1):201-216.
- Silva L. C., Pedrosa-Soares A. C. & Teixeira L. R. 2008. Tonian rift-related, A-type continental plutonism in the Araçuaí orogen, Eastern Brazil: New evidences for the breakup stage of the São Francisco-Congo Palecontinent. *Gondwana Research*, 13:527-537.
- Silva L.C., Armstrong R., Noce C.M., Carneiro M.A., Pimentel M., Pedrosa-Soares A.C., Leite C.A., Vieira V.S., Silva M.A., Paes V.J.C., Filho J.M.C. 2002. Reavaliação da evolução geológica em terrenos Pré-Cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Mineiro e Cráton do São Francisco meridional. *Rev. Bras. de Geociências*, 32(4):513-528.
- Silva, L.C. da, Pedrosa-Soares, A.C., Armstrong, R., Pinto, C.P., Magalhães, J.T.R., Pinheiro, M.A.P., Santos, G.G., 2015. Disclosing the Paleoarchean to Ediacaran history of the São Francisco craton basement: the Porteirinha domain (northern Araçuaí orogen, Brazil). *J. South Am. Earth Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.12.002>.
- Sircombe K.N. 2004. AgeDisplay: an EXCEL workbook to evaluate and display univariate geochronological data using binned frequency histograms and probability density distributions. *Computational Geosciences*, 30: 21-31.
- Sircombe K.N., 2009. Tracing provenance through the isotope ages of littoral and sedimentary detrital zircon, eastern Australia: *Sedimentary Geology*, 124: 47-67.
- Sircombe K.N., Hazelton M.L. 2004. Comparison of detrital zircon age distributions by kernel functional estimation. *Sedimentary Geology*, 171: 91-111.
- Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hancher J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N., Whitehouse M.J. 2008. Plešovice zircon – a new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chem. Geol.*, 249: 1–35.
- Smirnov, N.V.: Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. (Russian). *Bull. Moscow Univ.* 2(2), 3–16 (6.1, 6.2) (1939)
- Soares Filho B.S. 2000. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Notas de aula. UFMG.



- Soares P.C., Fiori A.P. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia. *Notícia Geomorfológica*, 16: 71-104.
- Souza Filho, R. G. 1995. Arcabouço estrutural da porção externa ad Faixa Araçuaí na Serra do Cabral (MG) e o contraste de estilos deformacionais entre os Supergrupos Espinhaço e São Francisco. DEGEO, UFOP, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 150p.
- Souza, M. E. S., Martins, M. S., Queiroga, G. N., Leite, M., Oliveira R. G., Dussin, I., Pedrosa-Soares A. C. 2019. Paleoenvironment, sediment provenance and tectonic setting of Tonian basal deposits of the Macaúbas basin system, Araçuaí orogen, southeast Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 96. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102393>
- Souza, M.E.S. 2016. Caracterização litoestrutural e geocronológica dos xistos verdes e metagabros do Grupo Macaúbas nas regiões de Terra Branca e Planalto de Minas, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 263p.
- Souza, M.E.S., Martins, M.S., Madeira, M.R., Queiroga, G., Barbosa, M.S.C., 2017. Interação tectônica entre bacias sucessoras no domínio externo do Orógeno Araçuaí: estudo de caso da região de Planalto de Minas, Minas Gerais. 17, 143–156. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v17-397>. Série Cient. USP.
- Stow D.A.V. 2005. *Sedimentary rocks in the field. A colour guide*. Manson Publishing, Inglaterra. 320p.
- Straathof, G.B. 2011. *Neoproterozoic Low Latitude Glaciations: An African Perspective*. University of Edinburgh, Scotland, UK. PhD Thesis.
- Tack L., Wingate MTD., Liégeois JP., Fernan0dez., Alonso M. and Deblond A. 2001. Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. *Precamb Res* 110: 277-306.
- Teixeira W., Sabaté P., Barbosa J.S.F., Noce C.M., Carneiro M.A., 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco Craton. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz-Filho, A, Campos, D.A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*. 31st Intern. Geol. Congr., p 101–138.
- Trompette R. 1994. *Geology of Western Gondwana (2000-500 Ma). Pan-African- Brasileiro aggregation of South America and Africa*. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Uhlein A., Trompette R., Egydio-Silva M. 1998. Proterozoic rifting and closure, SE border of the São Francisco craton, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11: 191–203.
- Uhlein A., Trompette R.R., Egydio-Silva M., Vauchez A. 2007. A glaciação sturtiana (~750 Ma), a estrutura do rifte Macaúbas-Santo Onofre e a estratigrafia do Grupo Macaúbas, Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15 (1): 45- 60.
- Uhlein, A. 1991. Transição cráton-faixa dobrada: um exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 295 p.
- Uhlein, A.; Trompette R. & Alvarenga, C. 1999. Neoproterozoic glacial and gravitational sedimentation on a continental rifted margin: The Jequitaiá-Macaúbas sequence (Minas Gerais, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 12: 435-451.
- Van Achterbergh E., Ryan C.G., Jackson S.E., Griffin W. 2001. Data reduction software for LA-ICP-MS. In: Sylvester P. (eds.). *Laser Ablation ICPMS in the Earth Science*. Mineralogical Association of Canada, 29: 239–243.
- Victoria, A.M., 2017. A província anorogênia toniana da região sul da Bahia, divisa nordeste com Minas Gerais: Novos dados para a bacia rifte precursora ao Orógeno Araçuaí-Oeste Congo. MS.c thesis. Federal University of Bahia, Brazil.
- Vitorino, A.L.A. & Santos, D.C. 2009. Geologia do fechamento da Serra do Espinhaço Meridional entre os meridianos 43º 49' e 43º 43' W. Trabalho de Geológico de Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 74 p.
- Viveiros J. F. M., Sá E. L., Vilela O. V., Santos O. M., Moreira J. M. P., Holder-Neto F., Vieira, V. S. 1979. Geologia dos vales dos rios Peixe Bravo e Alto Vacaria, norte de Minas Gerais. *Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia*, 1: 75–87.
- Walker, R.G., 2006. Facies Models Revisited: Introduction, in: Posamentier, H.W., Walker, H.G. (Eds.), *Facies Models Revisited*. SEPM Special Publication 84:5–22.

## **APÊNDICES**

---

# APÊNDICE I

## PRODUÇÃO DAS CAMPANHAS DE CAMPO

### Tabela de Pontos

Ponto	X	Y	Z	Unidade Estratigráfica	Descrição	Dados Estruturais
01	631020	8068897	978	Fm Galho do Miguel	Metarenito de coloração esbranquiçada, composicionalmente maturo, de grãos sub-arredondados e granulometria média. Apresenta estratificação cruzada tabular, e foliação penetrativa sub-paralela ao acamamento.	Fraturas penetrativas N80W. Veios de direção NS. S0: 220,15 195,15
02	631399	8069578		Fm Galho do Miguel	Metarenito de coloração esbranquiçada, bem selecionado e de granulometria média. Bem silificado, apresentando steps e estrias de falha.	Estrias: 204,55 S0: 220,15 195,15
03	631521	8060568		Fm Galho do Miguel	Metarenito ferruginoso de granulometria média e grãos subarredondados.	S0: 210,10 Sn: 198,44
04	630580	8066420	1091	Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria média, grãos arredondados e de alta esfericidade, composto predominantemente de quartzo e com a presença de grãos de óxidos. Presença de Estratificação cruzada acanalada. Unidade de topo da Formação Galho do Miguel, interpretada como uma fácies de origem marinha.	Paleocorrente: 75 S0: 0,10 05,10 350,20 S0: 360,25
05	630075	8066495		Fm Galho do Miguel	Metarenito semelhante ao do ponto anterior, aflorando em planta. Muitos pares conjugados de fratura são observados.	Azimuthes das fraturas: 220, 255, 245, 155, 145, 170, 180 S0: 180,20
06	630002	8066951	1086	Fm Galho do Miguel	Meta arenitode grãos bem arredondados, alta esfericidade apresentando o estratificações plano paralelas.	S0: 10,07 Sn: 155,20
07	629732	8066829		Fm Duas Barras	Metarenito de coloração acizentada. Grãos sub-angulos e de granulometria grossa, com a presença de grânulos.	S0: 320, 20
08	629472	8067026	1042	Fm Duas Barras	Este ponto, na imagem de satélite, apresenta a mesma textura do ponto anterior. Aparentemente no trajeto percorrido entre os pontos 07-08 afloram a mesma rocha. Metarenito de baixa maturidade textural, com níveis conglomeráticos e níveis com clastos espaçados.	S0: 265,05
09	629460	8067053		Fm Galho do Miguel	Contato entre o metarenito do ponto 08 e o metarenito da Fm Galho do Miguel.	Azimuthes de fraturas: 0, 350, 240, 220 S0: 210,10
10	629396	8067068	1031	Fm Galho do Miguel	Metarenito de coloração esbranquiçada com a presença de óxidos e, granulometria fina e grãos subarredondados. Presença de estratificações plano-paralelas	S0: 170, 03
11	629177	8067319	978	Fm Galho do Miguel	Metarenitode granulometria variando de fina a média, grãos sub-arredondados e esféricos. Presença de estratificações cruzadas de grande porte e estratificações plano-paralelas. Unidade de base da Formação Galho do Miguel, interpretada como uma fácies de origem edílica.	Azimuth de fraturas: 210, 240, 30, 60, 145, 325, 180, 0, 350, 250, 80 S0: 110,18 120,17
12	630742	8066598		Fm Galho do Miguel / Fm Matão	Brecha monomítica contendo clastos decimétricos-métricos do próprio metarenito da base.	Azimuth plano de fratura vertical: 340 Pf: 255,75
13	630676	8066589		Fm Galho do Miguel	Metarenito de alta maturidade composicional e textural apresentando estratificações cruzadas. Neste afloramento são observadas estruturas como dobras isoclinais e estruturas rotacionadas.	-
14	630903	8066607	1079	Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria média e sub-arredondados. Presença de estratificações plano-paralelas.	S0: 215,14
15	630917	8066672		Fm Galho do Miguel	Lineamento muito acentuado. Mesma rocha aflorante no ponto anterior.	Azimuth do lineamento: 320
16	630924	8066782		Fm Galho do Miguel	Metarenito puro, com granulometria fina e grãos esféricos e arredondados. Presença de marcas de onda e estratificações plano-paralelas.	Azimuth de veio de quartzo vertical: 318 Estria: 95,60
17	626085	8066838	665	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria variando de fino a médiodo grãos sub-arredondados. Presença de plano de falha com componente oblíquo. O bloco da capa esta subindo de SW para NE.	Plano de falha: 235,15 Estria: 200,05 S0: 275,25 290,10
18	626111	8066859		Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico com clastos variando de milimétricos a decimétricos e matriz xistosa. Os clastos são de rochas variadas como xistos, granitos, quartzitos e mesmo quartzo hialino.	Sn: 90,17
19	626337	8067296		Fm Serra do Catuni	Mesma rocha do ponto anterior.	Sn: 120,10
20	626337	8067196		Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contato entre o metarenito da Fm Galho do Miguel e dos diamicíticos da Fm Serra do Catuni, de clastos variando de cm-dm.	Metarenito S0: 260,20 Metadiamicítico: Sn: 145,25
21	626337	8067241		Fm Serra do Catuni	Metarenito de coloração acinzentado e ferruginoso, com granulometria fina e grãos subarredondados. Presença de estratificações centimétricas acanaladas e em feston.	S0: 290,05 260,13
23	627130	8067605	758	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico com clastos variando de milimétricos a métricos. São clastos de diferentes graus de arredondamento e natureza, como o próprio metarenito da base, rochas graníticas, formação ferrífera e xistos. A matriz é quartzosa e não apresenta foliação.	-
24	627558	8067918		Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria de média a grossa, com grãos de baixa esfericidade e sub-arredondados. Composto por grãos de quartzo. Presença de estratificações plano-paralelas. Unidade de topo da Fm Galho do Miguel.	S0: 290,10 310,13 310,08 305,06
25	627136	8068224		Fm Serra do Catuni	Metarenito ferruginoso, de granulometria fina e grãos subarredondados. Presença de estratificações acanaladas de pequeno porte.	-
26	625208	8064428		-	Metapelito de coloração esverdeada com percolação de óxidos ao longo do acamamento. A rocha apresenta xistosidade. Aparentemente trata-se de um metapelito do Grupo Bambuí.	S0: 290,19 Sn: 90,10
27	625245	8064377	633	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico de matriz argilosa. Os clastos variam de milimétricos a decimétricos, sendo os maiores na faixa de 20/30 cm.	Sn: 90,22 130,10 Lcrenulação: 15,09
28	625352	8064380	640	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
29	625395	8064207	647	Fm Galho do Miguel	Metarenito de alta maturidade textural apresentando estratificações plano paralelas	S0: 240,13 250,08
30	625462	8064122	644	Fm Galho do Miguel	Metarenito de alta maturidade textural apresentando estratificações. Neste ponto existem dois planos de falha apresentando steps que indicam movimento de uma espécie de pop-up	PF1: 190,30 PF2: 275,65

31	625469	8063912	657	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	S0: 110,70
32	625583	8063898	699	Fm Galho do Miguel	Metarenito de alta maturidade textural apresentando estratificações cruzadas acanaladas de grande porte	-
33	625238	8063978	637	Fm Serra do Catuni	Ponto de caminhamento	-
34	628095	8070238	676	Fm Galho do Miguel ou Fm Duas Barras	Metarenito de apresentando laminações plano-paralelas. Granulometria média, seleção moderada e grãos sub-arredondados. Esta unidade faz contato de topo erosivo com os diamictitos, levantando a hipótese de se tratar da Fm. Duas Barras.	S0: 215,05 230,05 Contato: 295,10
35	628168	8070300		Fm Galho do Miguel ou Fm Duas Barras	Mesmo arenito descrito no ponto anterior, apresentando estratificações cruzadas acanaladas de médio porte.	S0: 250,07
36	628318	8070391	680	Bloco da Fm Duas Barras	<b>Ponto de amostragem (DB01).</b> Bloco rolado de 40cm do metarenito da Fm Duas Brras. Granulometria grossa com níveis na fração grânulo	-
37	628095	8070241	665	Fm Galho do Miguel ou Fm Duas Barras	<b>Ponto de amostragem (DB02 e DB03).</b> Metarenito de apresentando laminações plano-paralelas. Granulometria média, seleção moderada e grãos sub-arredondados. Esta unidade faz contato de topo erosivo com os diamictitos, levantando a hipótese de se tratar da Fm. Duas Barras. Tanto o metarenito quanto o metadiamicrito foram amostrados.	S0: 215,05 230,05 Contato: 295,10
38	628039	8070099		Fm Galho do Miguel	<b>Ponto de amostragem (DB04).</b> Quartzitos da Formação Galho do Miguel, de granulometria areia média, e maturidade textural moderada.	S0: 230,10
39	628007	8070095	639	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento.	-
40	628367	8069937	706	Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria média e maturidade textural moderada. Presença de óxidos (<5%). Estratificação cruzada acanalada de médio porte. Interpretado como a fácies marinha da UNIDADE.	S0: 240,05
41	628296	8069828	737	Fm Galho do Miguel	Contato entre o metarenito da Fm Galho do Miguel e um metaconglomerado monomítico matriz-suportado com clastos variando entre 1-15cm. Aparentemente este conglomerado pode ser parte da Fm Serra do Catuni.	S0: 145,35
42	628235	8069557	774	Fm Serra do Catuni	Metarenito de granulometria fina, com níveis ferruginosos e estratificações de pequeno porte <5 cm	-
43	628257	8069502	780	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contato entre a o metarenito da Fm Galho do Miguel e os metadiamicritos. No metadiamicrito foram observados clastos de um quartzito de granulometria muito grossa (Fm Duas Barras?)	S0: 225,15
44	628508	8069176	880	Fm Galho do Miguel	Ponto de controle	-
45	628098	8070236	635	Fm Serra do Catuni	Metadiamicrito de matriz siltosa e clatos de tamanho atingindo até 30 cm.	S0: 315,20
46	628334	8070535	692	Fm Serra do Catuni	Metadiamicrito de matriz siltoso e clatos de tamanho atingindo até 8 cm, sendo a moda dos clatos ~1cm. A matriz encontra-se foliada.	Sn: 140,25
47	628352	8070443	693	Fm Duas Barras (?)	Metarenito aflorando na margem da drenagem. A rocha apresenta granulometria média e sem estruturas sedimentares aparente. Possui óxidos (<5%) e clastos (~3cm) espaçados. Os blocos ao longo do leito da drenagem são de metadiamicritos.	S0: 190,05 205,12
48	628231	8070263		Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contato entre um metarenito, aparentemente da Fm Galho do Miguel, com metadiamicrito.	-
49	628282	8070215	697	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
50	628380	8070165	713	Fm Galho do Miguel	Metarenito da fácies marinha da Fm Galho do Miguel	S0: 75,20
51	628447	8070108	719	Fm Galho do Miguel	Metarenito da fácies marinha da Fm Galho do Miguel	S0: 105,11
52	628361	8070070	718	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
53	628444	8070114	719	Fm Galho do Miguel	Contato entre o metarenito da Fm Galho do Miguel e os metadiamicritos. A partir deste ponto levantou-se um perfil mostrando diferentes varoações laterais dos diamictitos	-
54	628460	8070095	731	Fm Serra do Catuni	Metadiamicrito com clastos dos quais a moda está na fração granulos, mas há muitos blocos. O maior clasto observado tem cerca de 25 cm. Os clastos são predominantemente de quartzito e quartzo. A matriz é arenosa.	-
55	628548	8070011	748	Fm Serra do Catuni	Facies do metadiamicrito onde aumenta o número de clastos na fração matação.	-
56	628593	8069968	746	Fm Galho do Miguel	Metarenito da Fm Galho do Miguel apresentando estratificações cruzadas de pqueno porte	S0: 300,04 310,10
57	628634	8069954	758	Fm Galho do Miguel	Fratura de grande expressão de direção N20W. Não foram observados indicadores cinemáticos	F: N20W
58	628819	8069915	796	Fm Galho do Miguel	Fratura de grande expressão de direção N50W. Não foram observados indicadores cinemáticos	F: N50W
59	628882	8069926	802	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contato entre os metarenitos da Fm Galho do Miguel e dos metadiamicritos	Fraturas verticais (azimute): 255, 325, 210, 330
60	628614	8069877	770	Fm Galho do Miguel	Plano de falha no metarenito da Fm Galho do Miguel	Plano de falha: 115,57 Estrias: 110, 60 S0: 265,14
61	628514	8069858	758	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
62	628381	8069943	715	Fm Galho do Miguel	Plano de falha no metarenito da FM Galho do Miguel	Plano de falha: 190,90 Estrias: 325,90 steps idicam que o bloco sul subiu para NW
63	626382	8067181	688	Fm Galho do Miguel	Metarenito da Fm Galho do Miguel apresentando estratificações cruzadas plano-paralelas	S0: 320,15 320,13
64	626484	8067231	689	Fm Galho do Miguel	Plano de falha no metarenito da FM Galho do Miguel	Plano de falha: 325,71 Estrias: 266,27 steps idicam que o bloco mais a norte subiu
65	627056	8067155	805	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	S0: 230,08 235,09
66	627313	8067085	811	Fm Galho do Miguel	Forte lineamento observado na imagem que se expressa na forma de uma paredão de direção N70W	S0: 190,30
67	627367	8067130	845	Fm Matão	Brecha sedimentar monomítica em contato com a Fm Galho do Miguel, fácies eólico. Matriz na fração areia grossa com clastos do próprio metarenito da base chegando até 50 cm.	S0 quartzito: 215,05 Plano de falha: 245,90
68	627411	8067074	860	Fm Matão	Mesma fácies descrita no ponto anterior	Plano de falha: 225,87
69	627414	8067185	870	Fm Duas Barras	Metarenito de granulomtria variando entre areia média e grossa, com níveis de grânulos, apresentando granodescrescencia ascendente e estratificações cruzadas de pequeno porte.	S0: 285,35
70	627284	8067155	816	Fm Galho do Miguel / Fm Matão	Contato tectonico entre a Fm Matão e a Fm Galho do Miguel A matriz da brecha está foliada. O contato se dá através de um plano de falha reversa.	Sn: 130,57 de falha: 250,80 225,80 Estrias: steps idicam que o bloco SSW subiu

71	627618	8066684	907	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
72	627590	8066840	884	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
73	627708	8066988	918	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	S0: 230,04
74	627406	8067156	860	Fm Duas Barras	Metarenito de granulometria variando entre areia média e grossa, com níveis de grânulos, apresentando granodescrescência ascendente e estratificações cruzadas de pequeno porte. A partir deste ponto iniciou-se um perfil com objetivo de estimar a espessura do pacote dos metarenitos da Fm Duas Barras.	S0: 265,30
75	627430	8067210	874	Fm Duas Barras	Ponto de caminhamento	-
76	627456	8067391	878	Fm Duas Barras	Metarenito de granulometria variando entre areia média e grossa, com níveis de grânulos.	S0: 255,24
77	627426	8067384	868	Fm Duas Barras / Fm Serra do Catuni	Contato erosivo entre os metarenitos da Fm Duas Barras e os metadiamicíticos. O metadiamicítico possui a matriz na granulometria areia fina e os clastos variam até 20cm. A matriz do metadiamicítico está foliada.	S0: 270,20 Sn metadiamicítico: 125,19
78	626322	8067180	675	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítifino. Matriz siltosa com clastos na moda seixo, mas que chegam até a fração bloco. Neste ponto não foi observado nenhum clasto no tamanho matacão.	Sn: 135,15
79	626263	8067181	668	Fm Serra do Catuni	Metarenito de granulometria fina e coloração acinzentada apresentando estratificações cruzadas acanaladas (festoons) de pequeno porte (~5cm) e níveis ferruginosos. Esta no meio da camada de metadiamicítico.	S0: 290,15 296,09
80	626222	8067197	674	Fm Serra do Catuni	Ponto de caminhamento	-
81	626780	8067428	749	Fm Matão	Brecha sedimentar monomítica em contato com a Fm Galho do Miguel. Matriz na fração areia com clastos do próprio metarenito da base chegando na moda bloco.	Plano de contato: 290,55 270,65
82	626768	8067450	744	Fm Serra do Catuni	Neste ponto voltam a aflorar os metadiamicíticos, com clastos de quartzo na moda seixo.	-
83	627456	8067391	878	Fm Duas Barras	<b>Ponto de amostragem.</b> Retorno ao ponto 76 para amostragem para confecção de lâmina delgada e geocronologia. Metarenito de granulometria variando entre areia média e grossa, com níveis de grânulos.	S0: 255,24
84				Fm Duas Barras	<b>Ponto de amostragem.</b>	-
85	628348	8069953	710	Fm Galho do Miguel	Ponto na drenagem principal da área norte. Quartzo da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 270,13 Pf: 130,72 Sn: 104,58
86	628381	8069877	720	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica. No leito da drenagem, onde a rocha está 'lavada' aparecem brechas de falha	Plano 120,V S0: 250,03
87	628530	8069628	765	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica. No leito da drenagem, onde a rocha está 'lavada' aparecem brechas de falha, e enxame de veios	Pf: 110,75 (estrias não foram observadas) Veios (azimutes): 40, 330, 290
88	628761	8069320	816	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica. No leito da drenagem, onde a rocha está 'lavada' aparecem brechas de falha.	S0: 290,06 Pf: 260,85 (estrias não foram observadas) Veios (azimutes): N20E
89	628957	8068899	860	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica. Fraturas preenchidas por veios de quartzo	S0: 170,13
90	629226	8068803	863	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 100,07 Pf: 00,83
91	629276	8068648	907	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 160,04
92	629250	8068823	940	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 165,07
93	628901	8069169	852	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 180,04
94	628723	8069353	806	Fm Galho do Miguel	Quartzito da Formação Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 85,15
95	628090	8070240	660	Fm Duas Barras	Ponto de amostragem da amostra DB02. Quartzito de coloração acinzentada, granulometria de fina a média, e grãos sub arredondados. apresentando estratos plano paralelos, estratos cruzados de baixo ângulo e queixo porte (<5cm). Contato de topo abrupto e erosivo com os diamicíticos da Fm Serra do Catuni.	S0: 180,06
96	628392	8070347	702	Fm Duas Barras	Ponto em drenagem secundária na área norte, a partir do qual começou o perfil NS com intuito de verificar a textura confinada entre dois lineamentos observados na imagem. O leito da drenagem é aparentemente o mesmo quartzo do ponto anterior em contato com os diamicíticos.	S0: 215, 20
97	628419	8070293	707		Ponto de caminhamento. Não ocorreram afloramentos entre o ponto anterior e este, apenas solo arenoso e vegetação típica do cerrado.	-
98	628457	8070254	711	Fm Duas Barras ou Fm Serra do Catuni	Quartzito com níveis conglomeráticos. Quartzito de granulometria variando de média a grossa com a presença de óxidos (<5%). Nos níveis conglomeráticos os clastos que vão até 5mm são na maioria de quartzo. Presença de estratificação plano-paralela	S0: 65,15
99	628488	8070226	724	Fm Duas Barras ou Fm Serra do Catuni	Aflora o diamicítico de matriz fina com clastos variando até a fração seixo	-
100	628502	8070154	721	Fm Galho do Miguel	Drenagem seca secundária que corre no lineamento onde termina a textura que foi cortada pelo perfil. No leito da drenagem aflora um quartzo de granulometria média, com estratificações plano-paralelas e maturidade textural moderada. Aparentemente trata-se do quartzo da Fm Galho do Miguel	S0: 230,08
101	629013	7954186	736	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
102	629080	7951248	732,2	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
103	629147	7948310	728,4	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	S0: 230,05
104	629215	7945372	724,6	Fm Duas Barras	Metarenito de granulometria variando entre areia média e grossa, com níveis de grânulos, apresentando granodescrescência ascendente e estratificações cruzadas de pequeno porte. A partir deste ponto iniciou-se um perfil com objetivo de estimar a espessura do pacote dos metarenitos da Fm Duas Barras.	S0: 265,31
105	629282	7942435	720,8	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
106	629350	7939497	717	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento	-
107	628222	8069300	835	Fm Serra do Catuni	Até este ponto aflora o quartzo descrito no ponto anterior. Aqui paramos o levantamento	-
108	626476	8067235	690	Fm Galho do Miguel	Drenagem no lineamento EW da área centro-norte. Quartzito da Fm Galho do Miguel, fácies eólica.	S0: 270,16

109	626808	8067427	761	Fm Matão / Fm Duas Barras	Brecha monomítica com clastos do próprio quartizito da base. As brechas variam vertical e lateralmente para um quartizito de granulometria grossa com níveis conglomeráticos e estratificações cruzadas de pequeno porte. O bloco norte se move obliquamente para E.	S0 galho do miguel: 245,08 180,81 estria: 90,66 duas barras: 295,43	Pf: 50
110	626822	8067439	758	Fm Serra do Catuni	Neste ponto já afloram os metadiamicíticos.	-	
111	627369	8067106	837	Fm Matão	Brecha sedimentar monomítica em contato com a Fm Galho do Miguel, fácies eólica. Matriz na fração areia grossa com clastos do próprio metarenito da base chegando até 50 cm. O bloco E se moveu de NW para SE	Pf: 220,85 estria: 322,10 F:20,V	
112	627511	8067026	874	Fm Matão	Mesma unidade descrita no ponto anterior.	Sn: 130,74	
113	627750	8066572	921	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	S0: 270,10	
114	629585	8066871	1055	Fm Duas Barras	Este ponto está sobre a textura 'arroxeada' na imagem. A rocha aflorante é um quartizito de granulometria grossa, com clastos espaçados e níveis conglomeráticos apresentando gradação inversa e estratificação cruzada de pequeno porte e truncamento de baixo grau.	S0:283,03	
115	629312	8067083	1004	Fm Galho do Miguel	Quartzito Galho do Miguel, fácies eólica	S0:170,05	
116	629407	8067059	1027	Fm Duas Barras	A partir deste ponto começam a aflorar blocos de quartzitos da Fm Duas Barras.	-	
117	629444	8067035	1036	Fm Duas Barras	Quartzito da Fm Duas Barras, fácies grossa. Medidas de paleocorrente apresentadas em anexo.	S0:290,10 275,05	
118	629548	8066899	1055	Fm Duas Barras	Quartzito da Fm Duas Barras, fácies grossa. Medidas de paleocorrente apresentadas em anexo.	S0: 250,15	
119	629643	8066849	1055	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento. Quartzito espinhaço, fácies eólica	-	
120	629460	8067055	1032	Fm Galho do Miguel	Ponto de caminhamento. Quartzito espinhaço, fácies eólica	S0:175,08	
121	629472	8067021	1036	Fm Duas Barras	Quartzito de granulometria areia fina e preseça de mica, coloração acinzentada, sem níveis conglomeráticos no meio da Fm Duas Barras.	-	
122	624241	8061278	637	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	Pf: 85,65 estria: 110,65	
123	624482	8061169	653	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	Pf: 225,90 estria: 150,52	
124	624531	8061151	654	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica. Neste ponto aparece uma brecha de falha	Pf: 186,90 estria: 280,30 S0: 200,40	
125	624620	8061053	651	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	Pf: 15,90 estria: 110,57	
126	624778	8061830	654	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	Pf: 60,79 estria: 65,79 S0: 270,11	
127	624803	8061791	659	?	Neste ponto aparece um bloco de brecha monomítica, com clastos de quartizito, aparentemente de origem sedimentar. Logo em seguida aparece um bloco de diamicíticos	-	
128	624844	8061779	647	?	No leito da drenagem aparece uma brecha monomítica, com clastos de quartizito estratificado, aparentemente de origem sedimentar. A rocha está fortemente foliada, apresentando sombra de pressão e rotação dos clastos.	Sn: 140,64 340,70	
129	624989	8061723	688	Fm Galho do Miguel	Quartzitos da Formação Galho do Miguel, fácies eólica	S0: 270,07 Sn: 280,57	
130	628040	8070096	661	Fm Galho do Miguel	Início do levantamento da coluna estratigráfica das unidades diamicíticas, partindo da unidade metarenítica eólica de base. Ponto no leito da drenagem. Presença de estilólitos paralelos ao S0 e estruturas plano paralelas.	S0: 265,08	
140	628092	8070105	675	Fm Galho do Miguel	Metarenito com infiltração de óxidos, possivelmente o membro marinho da unidade de base. Estruturas sedimentares plano paralelas e tangencias de baixo ângulo. Medidas de Paleocorrentes.	S0: 240,08 270,06	
141	628130	8070128	681	Fm Galho do Miguel	Controle de S0, ainda sobre o possível membro marinho. Estruturas sedimentares plano paralelas.	S0: 75,05 40,05	
142	628177	8070212	683	Fm Galho do Miguel	Ponto sobre o possível metarenito marinho de base. Controle textural e de S0. Leve aumento da granulometria, porém não ultrapassando a faixa areia média.	S0:290,11	
143	628120	8070212	668	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras	Descendo uma escarpa em sentido a uma segunda drenagem. Essa escarpa pode representar uma região de falha normal, condicionando numa pequena sinclinal no leito do rio, onde afloram metarenitos tonianos (Duas Barras). Metarenito Duas Barras: mais imaturo mineralógicamente que as unidades de base, presença marcante de óxidos, granulometria areia média. Contato entre Metadiamicítico grosso (Dmg) e metarenito duas barras hora é subvertical, hora é discordante, possível de medida (120/70). Quando vertical, o contato segue a direção da drenagem (NE – SW) e a região de contato se mostra intensamente brechado, com indicador cinemático (sigmoide) sinistral. Dmg: polimítico, matriz suportado. 1 m < Clastos < 1 cm. Compostos por quartzitos estratificados, óxidos e carbonatos. Pequena dobra na drenagem, com medidas dos flancos. S0 escarpa.	S0: 45,05 Flanco1: 130,18 Flanco2: 270,20	
144	628168	8070298	671	Fm Serra do Catuni	Ponto ainda na drenagem secundária. Falha que condiciona a deposição do Dmg é de curta extensão. Lente de areia (15cm) encontrada entre o Dmg mostra presença de água no sistema durante a deposição. Interseção 205/10. Contato transicional com um metadiamicítico de matriz mais fina e clastos menores, indica maior retrabalhamento. Presença de estruturas acanaladas de médio porte, Paleocorrente N75W.	S0diamicítico: 265,20	
145	627994	8070243	657	Fm Serra do Catuni	Rebatimento do caminho do perfil para melhor acesso. Afloramento em chão de Dmf, com foliação bem marcada.	Sn:33,07	
146	627986	8070279	667	Fm Serra do Catuni	Ao final de uma subida (h = 10m) formada por Dmf, tem-se a ocorrência de um metarenito ferruginoso, sem presença de clastos e sem foliação. Presença de estruturas acanaladas de pequeno porte (festoon). Paleocorrente: 320	S0: 280,08 270,03	
147	627967	8070345	682	Fm Serra do Catuni	Ocorrência de metarenito de granulometria areia média-grossa. Mineralógicamente imaturo, com presença abundante de óxidos. Presença de grânulos, gradando para seixos. Contanto a unidade inferior (Dmf) é discordante, aparentemente. Estruturas sedimentares plano paralelas.	S0: 170,10	
148	627925	8070438	681	Fm Serra do Catuni	Ocorrência de um segundo nível com estruturas acanaladas de pequeno porte (festoons).	-	
149	628052	8070639	692	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico de matriz silto arenosa, polimítico, matriz suportado, com clastos até seixos. Clastos de quartizito, carbonatos e óxidos. Final do levantamento com vara.	-	
150	628111	8070639	717	Fm Serra do Catuni	Metarenito muito fino, com grânulos espaçados. Aparentemente impuro, coloração avermelhada. Possível chert?	S0: 90,09	



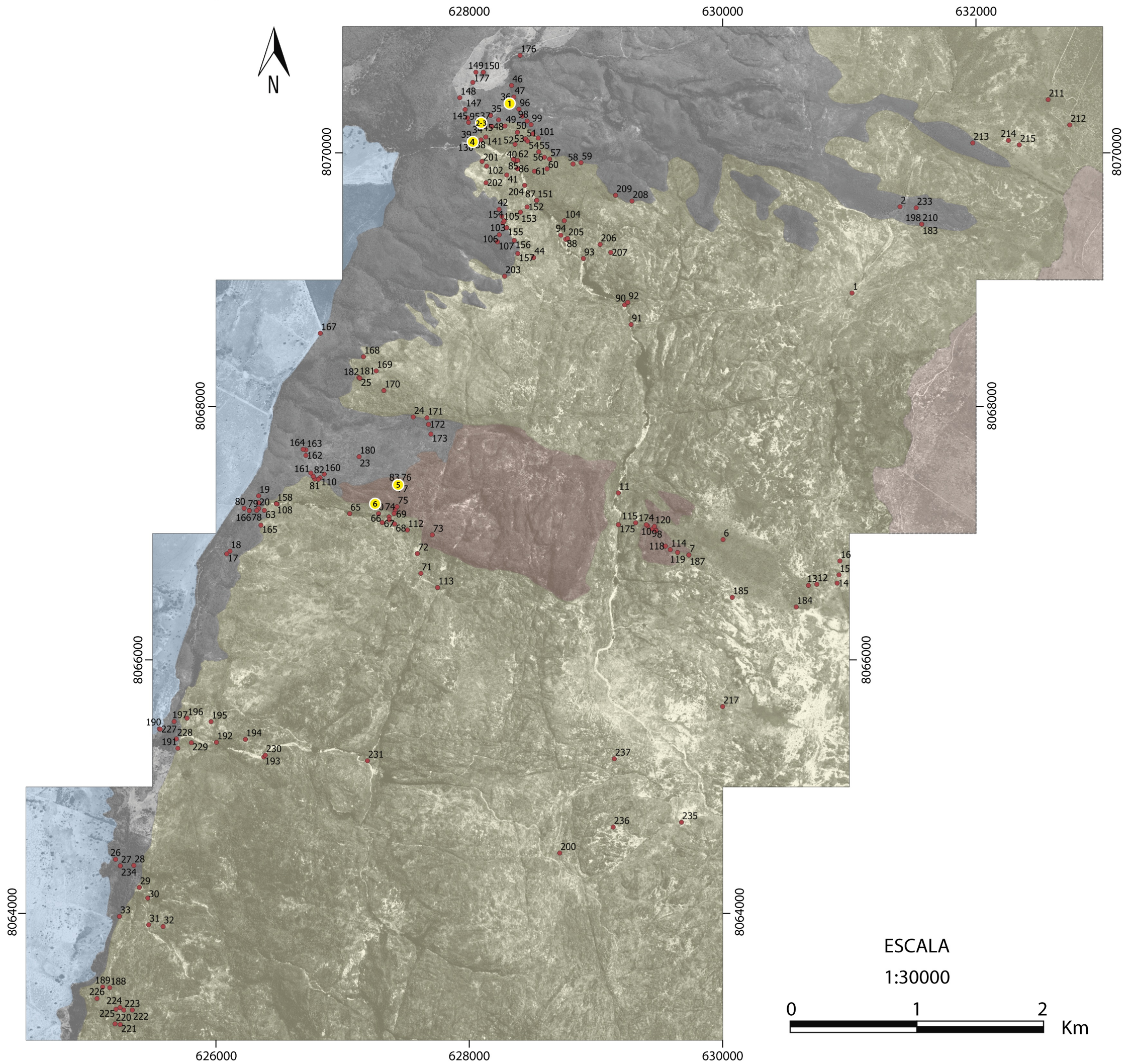
151	628533	8069628	755	Fm Galho do Miguel	Ponto na drenagem principal área norte. Realização de um mapa de ultra detalhe das feições estruturais do local. Interpretação do paleoesforço. Deste ponto também se iniciou o levantamento litoestratigráfico com sentindo a sul. Base conhecida: metarenito edílico de base, presença de estruturas sedimentares cruzadas acanaladas e plano paralelos. Medidas de paleocorrentes e controle de S0 ao longo do caminhamto.	S0: 295,09 225,07 270,06
152	628457	8069576	770	Fm Galho do Miguel	Seguindo o caminhamto proposto, ainda sobre o metarenito edílico de base. Ocorrência de estíloitos paralelos ao S0. Diminuição no tamanho das estruturas sedimentares acanaladas. (Possível mudança para o membro marinho?)	S0: 230,13 230,08 240,15
153	628404	8069535	796	Fm Galho do Miguel	Controle textural e de S0. Estruturas acanaladas passam a ser de pequeno porte e baixo ângulo, podendo indicar já se tratar do membro marinho.	S0: 250,10
154	628275	8069467	781	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contato entre metarenito de base e Dmf. O Dmf possui matriz silto arenosa, matriz suportado, polimítico, com clastos até bloco-matacão. Clastos de quartzo da unidade de base e de quartzo grosseiro e impuro (Duas Barras), carbonatos, óxidos e possível máfico (10x10cm). O Dmf apresenta foliação S/C, que condicionam sua disposição em planta. O contanto é discordante.	S0: 325,10 SC - S:52,28 C:355,13 Foliação
155	628295	8069412	800	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contanto entre metarenito de base e Dmf, que apresenta blocos de quartzo Duas Barras de tamanho bloco a matacão. O contato é marcado por um plano de falha normal, evidenciado por intensa brechiação do metarenito próximo.	-
156	628355	8069311	836	Fm Galho do Miguel	Ocorrência do membro marinho da unidade metarenítica de base. Maturidade mineralógica e textural baixas, material mais mal selecionado.	S0: 240,28
157	628383	8069208	860	Fm Galho do Miguel	Metarenito marinho de base. Sistema de fraturas marcante.	S0: 280,23
158	626477	8067233	690	Fm Galho do Miguel	Ponto sobre a drenagem sul da estrutura leste-oeste (pá) regional, na área centro norte. Metarenito edílico de base, presença de estruturas acanaladas de médio porte.	S0: 270, 16
159	626808	8067426	761	Fm Matão	Ocorrência de brecha de falha referente ao evento extensional Toniano (Matão-Duas Barras). A brecha é formada por clastos angulosos variando de grânulos a matacão, moda é bloco. A rocha é matriz suportada, onde essa matriz ocorre na faixa areia grossa – muito grossa. A brecha se dispõe em uma faixa de aproximadamente 5 -10m de espessura, em uma direção E-W.	-
160	626855	8067467	758	Fm Serra do Catuni	Início do levantamento no interior da estrutura E-W regional (pá). Afloramento no chão de um metadiamicítico com matriz areia média. Clastos variam de seixos a matacão, sendo a moda bloco. Compostos principalmente por quartzitos com estratificação interna. Apresenta foliação bem marcada.	Sn: 115,30 140,20
161	626749	8067476	733	Fm Serra do Catuni	Ponto de controle do Sn do metadiamicítico de matriz arenosa e foliado.	Sn: 130,30
162	626710	8067615	713	Fm Serra do Catuni	Contato entre metadiamicítico de matriz grossa e clastos na moda bloco (Dmg) com um metadiamicítico de matriz predominantemente silto, matriz suportado, clastos na moda grânulos. Essa rocha fina é de cor amarelada e fortemente intemperizada, assim como os clasto. Presença de foliação S/C. O contato entre as duas rochas é erosivo. Fratura W-E expressiva que corta as duas unidades.	Foliação SC - S:142,15 C:70,45
163	626710	8067658	707	Fm Serra do Catuni	Ponto realizado seguindo o contato para melhor exposição de afloramento. Contato erosivo entre Dmg e uma faixa arenítica de 60cm. A base (30cm) dessa faixa arenítica é formada por um metarenito silto arenoso, com foliação S/C bem marcada e presença de estruturas cruzadas acanaladas de pequeno porte, exibindo um padrão de festoon. A faixa superior (30cm) é formada por um metarenito areia média com S0 bem marcado. A faixa metarenítica grada para um metadiamicítico de matriz silto arenosa, com clastos espaçados podendo medir até 20cm, moda é seixo.	S0: 08,10 Foliação SC - S:130,18 C: 90,35
164	626688	8067663	717	Fm Serra do Catuni	Topo da escarpa formada por Dmf, onde aflora metarenito de matriz areia fina com estruturas cruzadas acanaladas de pequeno porte, padrão festoon e com S0 bem marcado. O contato entre o Dmf e o Maf (metarenito festoon) é gradacional. Blocos de chert e concreções de ferro foram encontrados. Medidas de paleocorrente (Maf).	S0: 280,12 305,14
165	626355	8067064	706	Fm Galho do Miguel	Metarenito edílico de base fazendo contato abrupto (lateral) com Dmg, que por sua vez grada para o Dmf, que constitui a escarpa (7m altura). Não foram observadas lentes metarenítica sobre o Dmg. Contato Metarenito de base/Dmg: 190/25.	Sn: 110,24
166	626263	8067178	676	Fm Serra do Catuni	Ponto realizado para medidas de paleocorrentes no metarenito fino com acanaladas de pequeno porte (festoon). Metarenito de coloração prateada azulada, com grãos na faixa areia fina a média, maturidade textural e mineralógica alta. Pertence ao primeiro nível de festoon Criogeniano. O afloramento no chão se apresenta em blocos afetados por dois sistemas de fraturas.	S0: 255,15
167	626824	8068579	667	Gr Bambuí	Afloramento beira de estrada. Pelito do Grupo Bambuí. Rocha muito intemperizada, coloração amarelada. Porções não muito alteradas mostram uma estratificação ondulada.	S0: 240,09 345,04
168	627165	8068394	720	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contanto entre metarenito de base (Mab - indiviso) com Dmf. No local ocorrem blocos de metarenito Duas Barras, possivelmente era	S0: 235,05
169	627265	8068282	762	Fm Galho do Miguel / Fm Serra do Catuni	Contanto entre metarenito de base e metadiamicítico matriz suportado, matriz com grãos na faixa areia fina, composta por quartzo, feldspato e mica. Polimítico, clastos varam de seixo até blocos, e são formados por metarenito Duas Barras, metarenito Galho do Miguel (de base), óxidos e carbonatos alterados. Clastos tonianos mostram retrabalhamento interno. Falha normal reativada como empurrão encontrada, parte de uma estrutura maior "horse tail", identificada na imagem de satélite.	S0: 260,10
170	627326	8068127	803	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base indiviso. Ponto sobre lineamento pertencente a estrutura "horse tail". Plano de falha com componente transcorrente mais marcante.	S0:270,12
171	627666	8067912	872	Fm Matão / Fm Duas Barras	Afloramento de metarenito de base (paredão) sobre o lineamento norte da estrutura EW. O lineamento se trata de um plano de falha reversa. No leito da drenagem (expressão do lineamento), há brechas Matão-Duas Barras	S0:190,05
172	627678	8067860	877	Fm Matão / Fm Duas Barras	Contato entre Matão-Duas Barras (brecha seguida por metarenito grosseiro e impuro) com um metadiamicítico de matriz suportado, polimítico. Matriz na faixa areia fina, foliada. Clastos apresentam moda seixo.	Sn:140,18

173	627697	8067783	902	Fm Serra do Catuni	Ponto no topo da escarpa. No caminamento até aqui foi realizado um levantamento litoestratigráfico de detalhe desde o leito da drenagem. A escarpa é sustentada pelo metadiamicítico (ponto 160), que apresenta granocrescência ascendente dos clastos, com a matriz se mantendo constante. No topo, os clastos chegam até matacão (moda bloco), sendo monomíticos, formados por quartzito Galho do Miguel. A foliação é bem marcada no topo, possuindo mergulho alto.	Sn:138,65
174	629396	8067068	1031	Fm Galho do Miguel	Metarenito branco pouco ferruginoso.	S0= 170/5
175	629177	8067068	978	Fm Galho do Miguel	Metarenito fino. Apresenta um deslocamento de fratura, indicando um movimento destrai	-
176	628401	8070772	708	Fm Serra do Catuni	Metadiamicíticos apresentam clastos de quartzito, e o quartzito apresenta estratificação plano paralela.	-
177	628028	8070559	708	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico intemperizado, onde restaram apenas alguns blocos. A matriz está argilosa e apresenta foliação que contorna os clastos de quartzito. O afloramento apresenta moldes na matriz, podendo ser carbonatos anteriormente, que foram dissolvidos e preservaram uma coloração "café com leite"	Sn: 330, 14
178	626337	8067241	671	Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria fina a média, composto por quartzito e feldspato, dando uma coloração de alteração e ferruginoso. Apresenta uma foliação leve devido à composição sericitica. Apresenta estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte, pequenos estratos com grânulos. Apresenta características de metarenito ferruginoso do primeiro dia.	S0: 290,05 260,13
179	626337	8067241	662	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico de matriz arenosa com sericita. Apresenta clastos principalmente de fragmentos de rocha, além de clastos de quartzito. Ocorre uma foliação pouco marcada, mas ocorre principalmente devido à composição de mica.	Sn: 120,13 130,15
180	627130	8067605	758	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico de base, com matriz grossa e foliação aparente.	Sn: 135,15
181	627128	8068230	740	Fm Galho do Miguel	Metarenito da sequência de base, pouco ferruginoso	S0: 275,10
182	627136	8068224	658	Fm Galho do Miguel	Metarenito de granulometria fina a média, composto por quartzito e feldspato, dando uma coloração de alteração e ferruginoso. Apresenta uma foliação leve devido à composição sericitica. Apresenta estratificações cruzadas acanaladas de pequeno porte, pequenos estratos com grânulos. Apresenta características de metarenito ferruginoso do primeiro dia.	S0: 280,15
183	631570	8069440	968	Fm Galho do Miguel	Metarenito branco, composto por areia fina, equigranular, bem selecionado, grãos arredondados. Composto em sua maioria por quartzito.	S0: 194,41
184	630580	8066420	1091	Fm Galho do Miguel	A rocha clara apreseta composição inteiramente por quartzito, com granulometria variando de médio a grosso e de arredondado a subarredondado. Maturidade textural e mineralógica altas. O de topo também apresenta granulometria média, composta por quartzito e possivelmente feldspato, devido à coloração de uma alteração. Apresenta aspecto ferruginoso (cimento de ferro), maturidade textural e mineralógica médias. Os grãos variam de subangulosos a subarredondados. Estas rochas preservam acamamento e estratificação cruzada acanalada, sendo melhor marcadas nas rochas de topo.	S0: 350,20 360,25
185	630075	8066495	1090	Fm Galho do Miguel	Metarenito branco, com fraturas superficiais bem marcadas e veios.	Veio: 340/vertical Fraturas: 225,90 170,90 260,90 S0: 180,20 160,20 175,25
186	630002	806695	1086	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base, mas se apresenta um pouco mais ferruginoso. Estratificação cruzada acanalada de maior porte, comparada com CN5. Possui veios e foliação pouco marcada.	Veio: 260,90 S0: 10,10 Sn: 140,25
187	629732	8066829	1078	Fm Duas Barras	Metarenito de coloração cinza, granulometria grossa, grãos subangulosos, maturidade textural média e mineralógica alta. Composta por quartzito e óxido de ferro, numa matriz arenosa fina.	S0: 322/10, 50/10
188	625162	8063415	654	Fm Galho do Miguel	Metarenito com presença de óxido, granulometria grossa a muito grossa, areia mal selecionada e angulosa	S0: 270,15
189	625106	8063421	639	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico com matriz fina, clastos centimétricos sem orientação e subarredondados	S0: 130,15
190	625553	8065458	638	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico com matriz argilosa, clastos centimétricos subarredondados	S0: 128,45 Sn: 140,55
191	625699	8065305	638	Fm Galho do Miguel	Metarenito claro com granulometria fina com presença de estratificação cruzada e duas famílias de fraturas F1 e F2.	F1: 0,85 F2: 280,85 S0: 220,18
192	626004	8065352	667	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria grossa e zona de fraturas e falhas com intensa foliação leste-oeste	-
193	626378	8065237	734	Fm Galho do Miguel	Metarenito escuro, granulometria grossa, bem selecionado e grãos angulosos. Presença de duas famílias de fraturas F1 e F2	F1: 350,90 F2: 40,90 S0: 315,15
194	626233	8065375	724	Fm Galho do Miguel	Metarenito claro com granulometria grossa	S0: 190,15 195,20 175,20
195	625961	8065515	709	Fm Galho do Miguel	Metarenito claro com granulometria grossa e duas famílias de fraturas F1 e F2	S0: 175,20 195,20 210,20 F1: 10,90 F2: 250,90
196	625772	8065542		Fm Galho do Miguel	Metarenito claro com granulometria média a grossa e presença de steps de falha	PFalha: 65,65 Steps: 80,80 S0: 170,05
197	625670	8065516	640	Fm Serra do Catuni	Metadiamicítico com matriz de silte, clastos variando de areia média a seixos, subarredondados e foliação preservada	Sn: 140,20
198	631570	8069440	968	Fm Galho do Miguel	Ponto de controle	S0: 194,41
199	631866	806724	1060	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina, bem selecionado, arredondado com presença de estratificação cruzada acanalada	S0: 245,08 230,10
200	628714	8064478	1052	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina a média e bem selecionado	S0: 280,15 284,29
201	628101	8069935	703	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base, com níveis de Metadiamicítico de matriz foliada e fina, e clastos menores e mais espaçados.	-
202	628132	8069767	723	Fm Serra do Catuni	Metarenito com níveis de Metadiamicítico foliado e grãos orientados. Aparece também cortado por veios de quartzito.	Sn: 140,60 135,55
203	628279	8069029	882	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Possível contato entre os metarenitos de base com os conglomeráticos de topo. Metarenito conglomerático: impuro, de granulometria grossa, inequigranular. Composto por quartzito, feldspato alterado e sericita.	S0: 260,17
204	628437	8069746	731	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base fraturado e com veios de quartzito.	F: 275,19 Veio: 120,59
205	628776	8069327	778	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base fraturado e com veios de quartzito.	Fr: 270,21 Veio: 120,75
206	629033	8069280	853	Fm Galho do Miguel	Metarenito de base com veios de quartzito.	Veio: 115,45
207	629117	8069217	875	Fm Galho do Miguel	Metarenito puro de base	S0: 280,27

208	629283	8069622	902	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Contato entre o quartzito de base e o metarenito conglomerático. Metarenito puro: bem selecionado, arredondando a subanguloso, maturidade textural e mineralógica alta, granulometria média. Apresenta pontinhos de óxido. Metarenito conglomerático: impuro, matriz silte argilosa, foliado. Composição: quartzo, sericita, podendo possuir grãos de carbonato, feldspato alterado e grãos subarredondados.	S0 metarenito puro: 325,20 Sn metarenito conglomerático: 12,22 140,20 120,25
209	629155	8069668	892	Fm Serra do Catuni	Metadiamicrito grosseiro, matriz fina, mas não se apresenta foliada.	F: 330,70 S0: 330,17
210	631570	8069440	968	Fm Galho do Miguel	Metarenito branco, composto por areia fina, equigranular, bem selecionado, grãos arredondados. Composto em sua maioria por quartzo.	S0: 194,41
211	632568	8070423	1026	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Metarenito impuro com grãos subangulosos, de composição dada principalmente por quartzo, mas também apresenta feldspato. Grau de seleção moderado. Areia de tamanho fino. Maturidade textural e mineralógica baixa. Apresenta estratificação cruzada tabular e plano paralela.	S0: 210,08
212	632739	8070223	1027	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Metarenito de granulometria média e grãos subarredondados. Composto por quartzo e feldspato. Bem selecionado.	S0: 300,20 305,20
213	631973	8070081	978	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Metarenito moderadamente selecionado, subanguloso, de granulometria fina a média. Maturidade textural e mineralógica moderada. Composto por quartzo (85%) e feldspato (15%).	S0: 140,05 144,07 130,05
214	632255	8070101	975	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Metarenito moderadamente selecionado, subanguloso, de granulometria fina a média. Maturidade textural e mineralógica moderada. Composto por quartzo e feldspato, mas também pode apresentar pontinhos de óxidos.	S0: 280,07 278,08 F1: 240,80 245,83 F2: 165,89 150,85 Paleocorrente: 320, 280, 285, 270, 290, 280, 305
215	632341	8070066	988	Fm Galho do Miguel / Fm Duas Barras?	Metarenito parcialmente alterado, com grãos subarredondados, bem selecionado, equigranular. Granulometria fina, composto por quartzo e feldspato. Maturidade textural e mineralógica baixas. Apresenta estratificação cruzada tabular.	S0: 240,15 250,10
216	631216	8066024	989	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina, bem selecionado, arredondado, com presença de estratificação cruzada tabular, veio de quartzo, duas famílias de fraturas F1 e F2	S0: 210,28 F1: 2,90 F2: 100,90 Veio: 88,89
217	629999	8065634	1066	Fm Galho do Miguel	Metarenito com veio de quartzo na direção norte-sul demarcando zona de cisalhamento rútil com movimentação sinistral	Sn: 250,82 Falha: 240,88
218	624407	8061523	625	Fm Galho do Miguel (?)	Rocha composta de 95% de quartzo e 5% de sericita ; granulometria média mal selecionada e sub angulosa.	S0:110,28 112,30
219	624687	8061953	680	Fm Galho do Miguel	Rocha composta por quartzo (80%) e outros minerais escuros, possivelmente biotita (15%) e sericita (5%)	S0:265,23 Sn:110,30
220	625203	8063130	660	Fm Galho do Miguel	Ponto de controle	-
221	625244	8063125	666	Fm Galho do Miguel	Rocha composta basicamente por quartzo, com uma variação lateral da granulometria	S0: 155,25 160,21
222	625340	8063239	700	Fm Galho do Miguel	Ponto de controle	S0: 280,25 260,18 250,23
223	625273	8063239	676	Fm Galho do Miguel	Ponto de controle	S0: 286,08 305,20
224	625243	8063259	669	Fm Galho do Miguel (?)	Metarenito da base	S0: 100,15
225	625211	8063245	661	Fm Galho do Miguel	Composto basicamente por quartzo e granulometria fina, bem selecionada e arredondadaaa	-
226	625061	8063330	636	Fm Galho do Miguel (?)	Rocha com matriz fina e arenosa com alguns seixos cimentados. Discussões em aberto para definir a rocha como um metarenito conglomerático ou diamicrito	-
227	625560	8065456	635	Fm Serra do Catuni	Rocha com matriz fina e arenosa com seixos e matações de metarenitos	S0:115,40 105,43
228	625688	8065379	636	Fm Galho do Miguel	Metarenito típico da unidade de base. Granulometria fina a média	S0: 220,23 218,40
229	625806	8065349	647	Fm Galho do Miguel	Rocha com granulometria fina média grossa, sub arredondado com estratificações de grande porte	S0: 220,18
230	626390	8065250	736	Fm Galho do Miguel	Metarenito da base	-
231	627196	8065206	802	Fm Galho do Miguel	Rocha referência do embasamento local. Metarenito bem selecionado de granulometria média com estratos cruzados chegando a atingir 10m.	S0: 220,12 235,16
232	625208	8069428	629	Fm Serra do Catuni	Rocha com granulometria fina (argila), cor escura (ocre esverdeado), xistosidade.	Sn: 110,09 120,10 90,10 90,08 S0:290,18
233	631527	8069569	970	Fm Galho do Miguel	Metarenito ferruginoso com foliação bem marcada	Sn: 198,45
234	625245	8064377	633	Fm Serra do Catuni	Afloramento próximo ao rio. Rocha com matriz argilosa (lentes arenosas também) poucos clastos e em geral sub angulosos.	S0: 15,09 Sn: 90,22 130,10
235	629674	8064721	1069	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina com presença de estratificação cruzada acanalada, e fratura preenchida por veio de quartzo. Antigo garimpo de quartzo	S0: 170,05 S0: 330,15 Fratura: 260,70
236	629136	8064683	1076	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina, com marcas de onda	S0: 315,20 298,12 Paleocorrente: 340, 356
237	629145	8065222	1052	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina e bem selecionado com presença de fraturas e veio de quartzo	S0: 275,05 F: 250,90
238	624907	8065406	1055	Fm Galho do Miguel	Metarenito com granulometria fina, areia bem selecionada, arredondada com presença de estratificação cruzada acanalada	S0: 325,05 Paleocorrente: 218



# Mapa de Pontos



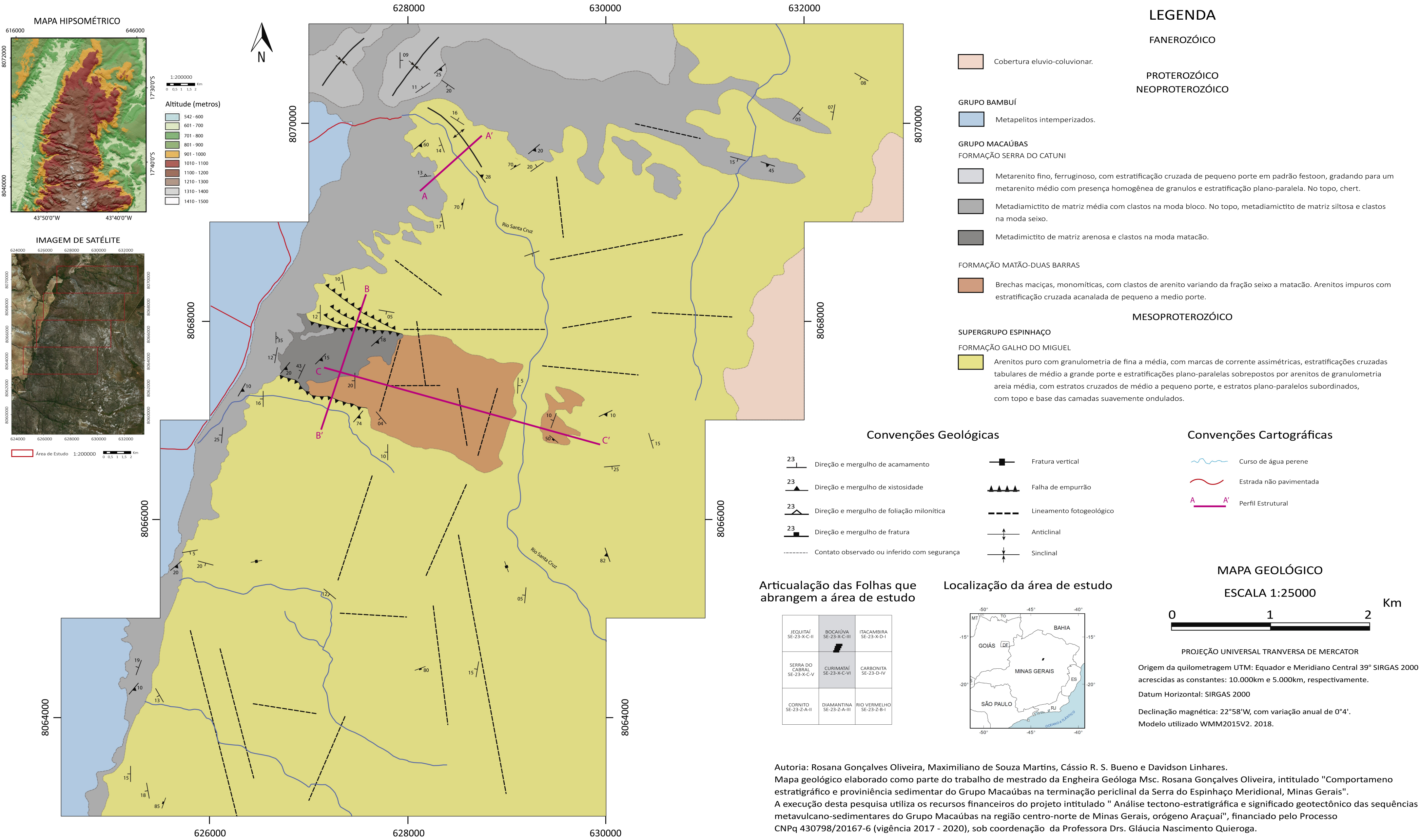
## LEGENDA

Precambriano	Fanerozóico	Cobertura
	Ediacariano	Grupo Bambuí
	Criogeniano	Formação Serra do Catuni
	Toniano	Formação Matão-Duas Barras
	Mesoproterozóico Esteniano	Formação Galho do Miguel

- Pontos visitados
- Pontos de Amostragem
- 1 = DB01
- 2-3 = DB02 e DB03
- 3 = DB03
- 5 = DB05
- 6 = DB06



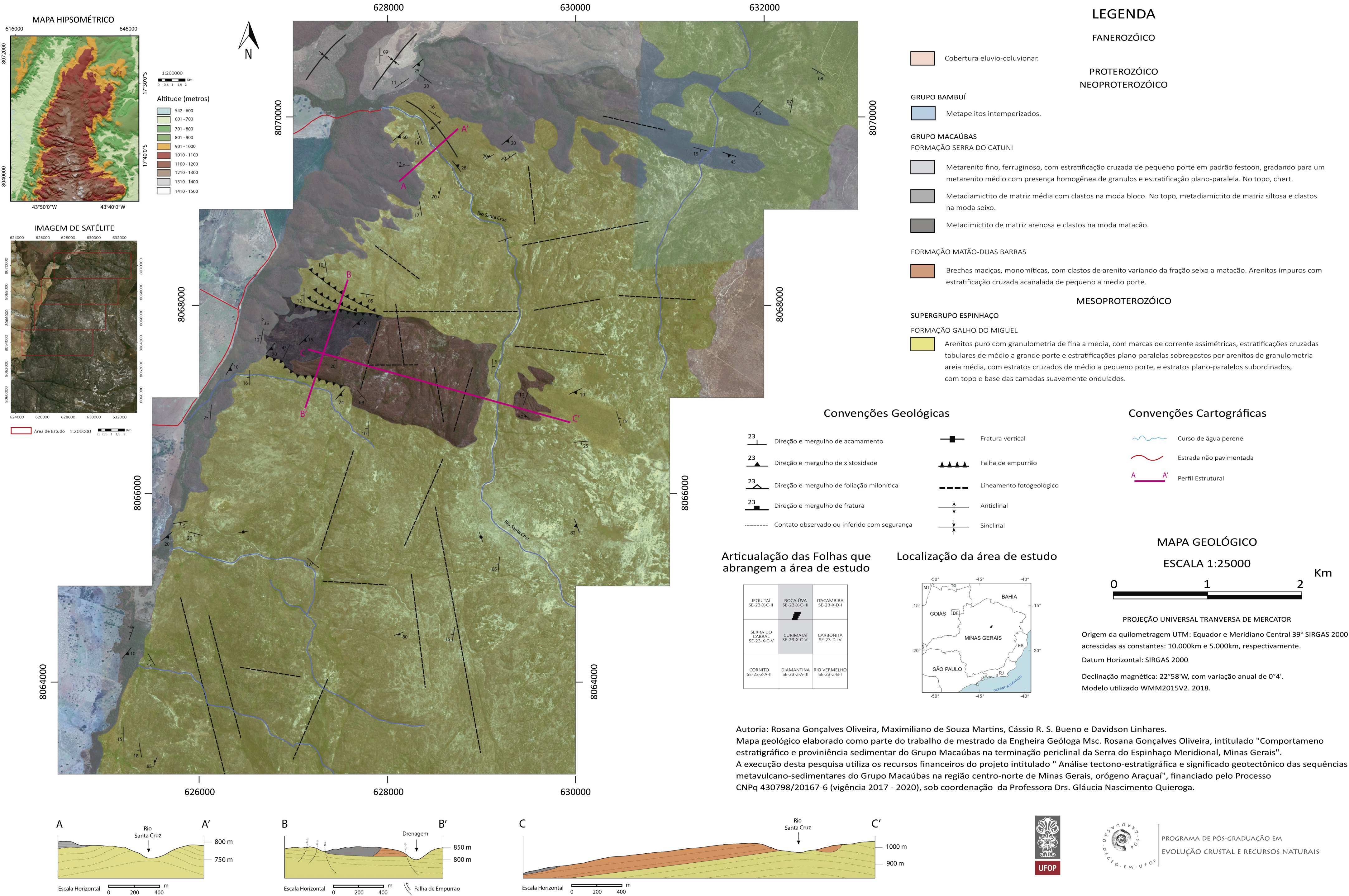
# MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, MINAS GERAIS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
EVOLUÇÃO CRUSTAL E RECURSOS NATURAIS



MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO PERICLINAL DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL, MINAS GERAIS



Autoria: Rosana Gonçalves Oliveira, Maximiliano de Souza Martins, Cássio R. S. Bueno e Davidson Linhares.

Mapa geológico elaborado como parte do trabalho de mestrado da Engheira Geóloga Msc. Rosana Gonçalves Oliveira, intitulado "Comportamento estratigráfico e proviniência sedimentar do Grupo Macaúbas na terminação periclinal da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais".

A execução desta pesquisa utiliza os recursos financeiros do projeto intitulado " Análise tectono-estratigráfica e significado geotectônico das sequências metavulcano-sedimentares do Grupo Macaúbas na região centro-norte de Minas Gerais, orógeno Araçuaí", financiado pelo Processo CNPq 430798/20167-6 (vigência 2017 - 2020), sob coordenação da Professora Drs. Gláucia Nascimento Quieroga.



APÊNDICE II

Geocronologia U-Pb

SAMPLE DB04 (Sg. Espinhaço)																														
Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto				Ratios b										Ratios c						Dates c						%				
Identifier	206Pb	U (µg g <sup>-1</sup> ) a	Th/U	206Pb/ 204Pb	207Pb/ 206Pb	1s	206Pb/ 238U	1s	207Pb/ 235U	1s	208Pb/ 232Th	1s	207Pb/ 206Pb	2s (%)	207Pb/ 235U	2s (%)	206Pb/ 238U	2s (%)	Rho	208Pb/ 232Th	2s (%)	207Pb/ 206Pb	2s	206Pb/ 238U	2s	207Pb/ 235U	2s	208Pb/ 232Th	2s	conc
CPS													Data for Wetherill plot c							abs		abs		abs		abs	d			
1sSMPABC97	347438,77681	77,7060	0,74171	298,745	0,08248	0,00129	0,21789	0,00198	2,47796	0,00236	0,06214	0,00152	0,08255	3,95468	2,47993	4,44570	0,21789	2,03094	0,45683	0,06214	4,89218	1258	77	1271	24	1266	33	1219	58	100
1sSMPABC049	1307833,79640	290,7058	0,82347	437,899	0,08304	0,00084	0,21616	0,00196	2,47492	0,00213	0,05960	0,00036	0,08304	2,02320	2,47484	2,71772	0,21616	1,81457	0,66768	0,05960	120805	1270	39	1262	21	1265	20	1170	14	100
1sSMPABC027	355163,57426	73,29881	1,09001	177,762	0,08666	0,00090	0,23281	0,00207	2,78175	0,00226	0,06798	0,00048	0,08659	2,08768	2,77944	2,74401	0,23281	1,78078	0,64897	0,06798	141218	1351	40	1349	22	1350	21	1329	18	100
1sSMPABC074	1746413,2985	36,08753	1,39558	156,166	0,08677	0,00092	0,23252	0,00215	2,78181	0,00234	0,06306	0,00050	0,08674	2,12297	2,78080	2,81638	0,23252	1,85068	0,65711	0,06306	158579	1355	41	1348	23	1350	21	1236	19	100
1sSMPABC154	2198010,0000	4177461	1,88798	225,457	0,09129	0,00094	0,25643	0,00236	3,22766	0,00254	0,06814	0,00041	0,09129	2,05937	3,22766	2,75902	0,25643	1,83608	0,66548	0,06814	120340	1453	39	1472	24	1464	22	1332	15	101
1sSMPABC016	230772,00000	4158723	0,99803	1206,809	0,09413	0,00110	0,26662	0,00231	3,46035	0,00256	0,07613	0,00103	0,09413	2,33719	3,46035	2,91010	0,26662	1,73384	0,59580	0,07613	2,70590	1511	44	1524	24	1518	23	1483	39	100
1sSMPABC192	4138216,4482	72,83557	0,55588	166,906	0,09610	0,00104	0,27690	0,00253	3,66894	0,00274	0,07748	0,00083	0,09599	2,17938	3,66482	2,84234	0,27690	1,82462	0,64194	0,07748	2,14249	1548	41	1576	26	1564	23	1508	31	101
1sSMPABC019	991482,72209	157,53275	0,33900	1348,839	0,09793	0,00099	0,30240	0,00273	4,08318	0,00290	0,08387	0,00056	0,09795	2,87320	4,08404	3,45791	0,30240	1,92402	0,55641	0,08387	133540	1585	54	1703	29	1651	29	1628	21	103
1sSMPABC180	215913,21009	34,75799	0,49494	214,413	0,09937	0,00105	0,30274	0,00272	4,14789	0,00292	0,09247	0,00096	0,09931	2,11880	4,14517	2,77559	0,30274	1,79294	0,64597	0,09247	2,07635	1611	39	1705	27	1663	23	1788	35	103
1sSMPABC175	9526127,127	159,18265	1,11445	542,711	0,10158	0,00103	0,29124	0,00268	4,07905	0,00287	0,08006	0,00046	0,10155	2,02924	4,07793	2,73649	0,29124	1,83590	0,67090	0,08006	114914	1653	38	1648	27	1650	23	1557	17	100
1sSMPABC007	656166,81716	105,59392	1,03836	331,016	0,10399	0,00107	0,29857	0,00283	4,28090	0,00303	0,07530	0,00050	0,10392	2,06326	4,27805	2,80305	0,29857	1,89737	0,67690	0,07530	132802	1695	38	1684	28	1689	23	1468	19	100
1sSMPABC017	379272,69239	72,31623	0,96060	211848	0,10450	0,00105	0,25199	0,00231	3,63079	0,00254	0,08682	0,00051	0,10445	2,02146	3,62910	2,72337	0,25199	1,83487	0,67375	0,08682	117484	1705	37	1449	24	1556	22	1683	19	93
1sSMPABC055	169158,00000	27,06581	2,47438	17678,703	0,10451	0,00116	0,30029	0,00291	4,32711	0,00313	0,07984	0,00067	0,10451	2,21988	4,32711	2,74766	0,30029	1,93929	0,65791	0,07984	167836	1706	41	1693	29	1699	25	1553	25	100
1sSMPABC166	674704,75735	100,75374	1,35752	3093,466	0,11000	0,00122	0,32636	0,00280	4,94985	0,00305	0,08960	0,00091	0,11004	2,86713	4,95156	3,39465	0,32636	1,81748	0,53539	0,08960	2,03125	1800	52	1821	29	1811	29	1734	34	101
1sSMPABC050	477820,36197	67,94466	1,79602	486,851	0,11141	0,00138	0,33789	0,00287	5,31760	0,00318	0,09226	0,00122	0,11142	2,41884	5,31652	2,95638	0,33789	1,69983	0,57497	0,09226	2,64470	1866	44	1877	28	1872	26	1784	45	100
1sSMPABC020	1287311,98061	182,51154	0,61971	350,271	0,11572	0,00116	0,33889	0,00308	5,40718	0,00329	0,07910	0,00047	0,11564	2,00976	5,40345	2,71085	0,33889	1,81923	0,67109	0,07910	118837	1890	36	1881	30	1885	23	1539	18	100
1sSMPABC018	829383,23521	113,01296	1,10769	312,678	0,11962	0,00119	0,35261	0,00330	5,81566	0,00351	0,07438	0,00042	0,11951	1,99752	5,81027	2,73871	0,35261	1,87361	0,68412	0,07438	112934	1949	36	1947	32	1948	24	1450	16	100
1sSMPABC195	750824,74948	103,52090	1,64385	377,122	0,12064	0,00116	0,35347	0,00357	5,87961	0,00375	0,05631	0,00045	0,12055	1,92887	5,87505	2,78968	0,35347	2,01538	0,72244	0,05631	159830	1964	34	1951	34	1958	25	1107	17	100
1sSMPABC035	507694,10988	68,52192	1,23580	218,208	0,12093	0,00119	0,35599	0,00333	5,93575	0,00354	0,08192	0,00048	0,12077	1,98210	5,92811	2,72729	0,35599	1,87334	0,68689	0,08192	117188	1968	35	1963	32	1965	24	1592	18	100
1sSMPABC196	862870,68307	116,52935	0,72669	414,989	0,12274	0,00119	0,36087	0,00359	6,10722	0,00378	0,08728	0,00068	0,12264	1,94521	6,10223	2,77932	0,36087	1,98514	0,71425	0,08728	155820	1995	35	1986	34	1991	25	1691	25	100
1sSMPABC199	956857,40387	125,44604	0,36200	832,262	0,12266	0,00133	0,37174	0,00366	6,28695	0,00389	0,09685	0,00107	0,12264	2,16911	6,28593	2,92630	0,37174	1,96422	0,67123	0,09685	2,20960	1995	39	2038	34	2016	26	1869	39	101
1sSMPABC048	791223,00000	104,46061	1,60846	97280,868	0,12295	0,00140	0,36393	0,00315	6,16941	0,00345	0,10224	0,00121	0,12295	2,27735	6,16941	2,86123	0,36393	1,73215	0,60539	0,10224	2,36698	1999	40	2001	30	2000	25	1968	44	100
1sSMPABC073	506358,13196	65,99152	1,30074	524,698	0,12439	0,00136	0,36867	0,00315	6,32301	0,00343	0,10465	0,00109	0,12435	2,18817	6,32078	2,77707	0,36867	1,70997	0,61575	0,10465	2,08313	2020	39	2023	30	2021	25	2012	40	100
1sSMPABC160	1244561,82444	165,06036	0,85651	415,001	0,12475	0,00130	0,36747	0,00347	6,32064	0,00371	0,07393	0,00062	0,12471	2,08543	6,31866	2,81039	0,36747	1,88395	0,67035	0,07393	167726	2025	37	2017	33	2021	25	1442	23	100
1sSMPABC057	1138320,15559	146,75920	1,07516	199,648	0,12612	0,00128	0,37267	0,00328	6,48055	0,00352	0,10538	0,00067	0,12593	2,04713	6,47071	2,70178	0,37267	1,76319	0,65261	0,10538	127159	2042	36	2042	31	2042	24	2025	25	100
1sSMPABC008	1023981,88226	132,01801	1,52638	612,008	0,12674	0,00128	0,37267	0,00343	6,51240	0,00366	0,09649	0,00053	0,12671	2,20282	6,51071	2,73429	0,37267	1,84191	0,67363	0,09649	109856	2053	36	2042	32	2047	24	1862	19	100
1sSMPABC051	520254,85787	66,95938	1,28391	256,527	0,12682	0,00131	0,37331	0,00324	6,52771	0,00349	0,08183	0,00063	0,12672	2,07117	6,52263	2,70336	0,37331	1,73735	0,64266	0,08183	153978	2053	37	2045	31	2049	24	1590	24	100
1sSMPABC039	483004,72378	61,34950	2,29461	597,825	0,12749	0,00133	0,37827	0,00322	6,64944	0,00348	0,10186	0,00074	0,12749	2,08652	6,64920	2,69359	0,37827	1,70348	0,63242	0,10186	145297	2064	37	2068	30	2066	24	1961	27	100
1sSMPABC076	995803,1161	124,29687	1,82018	340,147	0,13023	0,00133	0,38493	0,00349	6,91183	0,00373	0,09052	0,00058	0,13014	2,04653	6,90718	2,73524	0,38493	1,81174	0,66346	0,09052	128148	2100	36	2099	33	2100	25	1751	21	100
1sSMPABC147	667028,97833	93,04930	2,42528	148,411	0,13085	0,00132	0,34936																							

SAMPLE DB01 (Fm. Matão-Duas Barras)																																							
Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto					Ratios b										Ratios c										Dates c										%				
Identifier	CPS	206Pb	U (µg g <sup>-1</sup> )	Th/U	206Pb / 204Pb	207Pb / 206Pb	ε	206Pb / 238U	ε	207Pb / 235U	ε	208Pb / 232Th	ε	207Pb / 206Pb	2s (%)	207Pb / 235U	2s (%)	206Pb / 238U	2s (%)	Rho	208Pb / 232Th	2s (%)	207Pb / 206Pb	2s	206Pb / 238U	2s	207Pb / 235U	2s	208Pb / 232Th	2s	conc								
Data for Wetherill plot c																																							
1.SMPABC136	377556.99214	89.87371	0.60787	127.550	0.08048	0.00083	0.20561	0.00188	2.28161	0.00206	0.06250	0.00045	0.08040	2.07817	2.27943	2.76835	0.20561	1.82892	0.66065	0.06250	1.44000	1207	41	1205	20	1206	20	1225	17	100									
1.SMPABC209	332704.97908	77.88797	1.33655	174.330	0.08128	0.00085	0.20907	0.00195	2.34302	0.00213	0.06150	0.00043	0.08122	2.10192	2.34119	2.80987	0.20907	1.86475	0.66364	0.06150	1.39837	1227	41	1224	21	1225	20	1206	16	100									
1.SMPABC093	675150.17396	105.02688	0.93588	407.444	0.08211	0.00084	0.21315	0.00190	2.41320	0.00208	0.06506	0.00042	0.08207	2.04970	2.42414	2.71548	0.21315	1.78116	0.65593	0.06506	1.29112	1247	40	1246	20	1246	20	1274	16	100									
1.SMPABC130	126019.20821	28.02111	1.05428	88.945	0.08410	0.00092	0.22012	0.00201	2.55241	0.00221	0.07693	0.00065	0.08399	2.21259	2.54908	2.87006	0.22012	1.82803	0.63693	0.07693	1.68985	1292	43	1282	21	1286	21	1498	24	100									
1.SMPABC214	596296.76590	131.56914	0.67423	469.947	0.08432	0.00090	0.22182	0.00216	2.57895	0.00234	0.07726	0.00068	0.08433	3.19080	2.57918	3.84398	0.22182	2.14360	0.55765	0.07726	1.76029	1300	62	1292	25	1295	29	1504	25	100									
1.SMPABC189	849899.33335	184.01990	0.78838	119.830	0.08532	0.00088	0.22605	0.00201	2.65923	0.00219	0.06276	0.00046	0.08516	2.11314	2.65425	2.76553	0.22605	1.78404	0.64510	0.06276	1.46590	1319	41	1314	21	1316	21	1230	18	100									
1.SMPABC153	747358.26262	170.41730	1.08242	70.846	0.09904	0.0100	0.21464	0.00194	2.93109	0.00218	0.05760	0.00034	0.09868	2.15551	2.92047	2.83194	0.21464	1.83676	0.64859	0.05760	1.80596	1599	40	1254	21	1387	22	1132	13	90									
1.SMPABC107	285808.00000	43.60677	1.03625	31441.738	0.11001	0.00119	0.32079	0.00279	4.86582	0.00303	0.09435	0.00089	0.11001	2.16344	4.86582	2.77475	0.32079	1.73745	0.62617	0.09435	1.88659	1600	39	1794	27	1796	24	1822	33	100									
1.SMPABC158	707314.99108	107.38932	0.57922	223.978	0.11032	0.00112	0.32237	0.00297	4.90353	0.00317	0.10205	0.00066	0.11032	2.04270	4.89808	2.75041	0.32237	1.84178	0.66964	0.10205	1.29348	1603	37	1801	29	1802	23	1964	24	100									
1.SMPABC099	526553.00000	79.30106	1.50517	58563.225	0.11122	0.00113	0.32499	0.00287	4.96367	0.00308	0.09054	0.00055	0.11122	2.03201	4.98367	2.69100	0.32499	1.76420	0.65559	0.09054	1.21493	1619	37	1814	28	1817	23	1752	20	100									
1.SMPABC095	556313.45051	81.90514	1.28264	144.564	0.11353	0.00113	0.33244	0.00311	5.20382	0.00331	0.07973																												

Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto				Ratios b										Ratios c										Dates c										%
Identifier	206Pb	U (µg g <sup>-1</sup> )	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	ε	206Pb/238U	ε	207Pb/235U	ε	208Pb/232Th	ε	207Pb/206Pb	2s (%)	207Pb/235U	2s (%)	206Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	206Pb/238U	2s	208Pb/232Th	2s	conc						
Data for Wetherill plot c																																		
1.SMPABC136	377556.99214	89.87371	0.60787	127.550	0.08048	0.00083	0.20561	0.00188	2.28161	0.00206	0.06250	0.00045	0.08040	2.07817	2.27943	2.76835	0.20561	1.82892	0.66065	0.06250	1.44000	1207	41	1205	20	1206	20	1225	17	100				
1.SMPABC209	332704.97908	77.88797	1.33655	174.330	0.08128	0.00085	0.20907	0.00195	2.34302	0.00213	0.06150	0.00043	0.08122	2.10192	2.34119	2.80987	0.20907	1.86475	0.66364	0.06150	1.39837	1227	41	1224	21	1225	20	1206	16	100				
1.SMPABC093	675150.17396	105.02688	0.93588	407.444	0.08211	0.00084	0.21315	0.00190	2.41320	0.00208	0.06506	0.00042	0.08207	2.04970	2.42414	2.75458	0.21315	1.78116	0.65593	0.06506	1.29112	1247	40	1246	20	1246	20	1274	16	100				
1.SMPABC130	126019.20821	28.02111	1.05426	88.945	0.08410	0.00092	0.22012	0.00201	2.55241	0.00221	0.07693	0.00065	0.08399	2.21259	2.54908	2.87006	0.22012	1.82803	0.63693	0.07693	1.68985	1292	43	1282	21	1286	21	1498	24	100				
1.SMPABC214	596296.76590	131.56914	0.67423	169.947	0.08432	0.00090	0.22182	0.00216	2.57895	0.00234	0.07726	0.00068	0.08433	3.19080	2.57918	3.84398	0.22182	2.14360	0.55765	0.07726	1.76029	1300	62	1292	25	1295	29	1504	25	100				
1.SMPABC189	849899.33335	184.01990	0.78838	119.830	0.08532	0.00088	0.22605	0.00201	2.65923	0.00219	0.06276	0.00046	0.08516	2.11314	2.65425	2.76553	0.22605	1.78404	0.64510	0.06276	1.46590	1319	41	1314	21	1316	21	1230	18	100				
1.SMPABC153	747358.26262	170.41730	1.08242	70.846	0.08604	0.00100	0.21464	0.00194	2.93109	0.00218	0.05760	0.00043	0.09868	2.15551	2.92047	2.83194	0.21464	1.83676	0.64859	0.05760	1.80556	1599	40	1254	21	1387	22	1132	13	90				
1.SMPABC107	285808.00000	43.60677	1.03625	31441.738	0.11001	0.00119	0.32079	0.00279	4.86582	0.00303	0.09435	0.00089	0.11001	2.16344	4.86582	2.77475	0.32079	1.73745	0.62617	0.09435	1.88659	1600	39	1794	27	1796	24	1922	33	100				
1.SMPABC158	707314.99108	107.38932	0.57922	223.978	0.11032	0.00112	0.32237	0.00297	4.90353	0.00317	0.10205	0.00066	0.11020	2.04270	4.89808	2.75041	0.32237	1.84178	0.66964	0.10205	1.29348	1603	37	1801	29	1802	23	1964	24	100				
1.SMPABC099	526553.00000	79.30106	1.50517	585.836	0.11122	0.00113	0.32499	0.00287	4.98367	0.00308	0.09054	0.00055	0.11122	2.03201	4.98367	2.69100	0.32499	1.76420	0.65559	0.09054	1.21493	1619	37	1814	28	1817	23	1752	20	100				
1.SMPABC095	556313.45051	81.90514	1.28264	144.564	0.11353	0.00113	0.33244	0.00311	5.20382	0.00331	0.07973	0.00044	0.11330	2.02665	5.19325	2.75951	0.33244	1.78286	0.67869	0.07973	1.10373	1653	37	1850	30	1852	24	1550	16	100				
1.SMPABC217	384346.17185	54.37828	1.09295	327.656	0.11427	0.00122	0.34593	0.00301	5.45305	0.00325	0.09753	0.00088	0.11420	2.13659	5.44870	2.75441	0.34593	1.87381	0.63110	0.09753	1.80457	1668	39	1915	29	1893	24	1881	33	101				
1.SMPABC154	443052.23538	63.16132	0.98342	396.519	0.11543	0.00119	0.34333	0.00307	5.46419	0.00329	0.09888	0.00073	0.11545	2.69270	5.46520	3.28333	0.34333	1.87872	0.57220	0.09888	1.47654	1687	48	1903	31	1895	29	1906	27	100				
1.SMPABC190	1427652.98255	203.44858	1.44293	397.016	0.11661	0.00121	0.34345	0.00296	5.52213	0.00320	0.09649	0.00071	0.11652	2.08114	5.51786	2.70136	0.34345	1.72227	0.63756	0.09649	1.47166	1904	37	1903	28	1903	23	1862	26	100				
1.SMPABC150	1480444.41216	206.34325	1.31503	131.606	0.12020	0.00122	0.35329	0.00340	5.85520	0.00361	0.05767	0.00036	0.11990	2.07630	5.84073	2.83314	0.35329	1.92760	0.68038	0.05767	1.24848	1955	37	1950	33	1952	25	1133	14	100				
1.SMPABC127	295546.99153	40.84260	1.32482	305.904	0.12006	0.00125	0.35417	0.00312	5.86293	0.00336	0.00604	0.00026	0.12060	2.66653	5.86317	3.24430	0.35417	1.84801	0.56962	0.00604	0.9338	123815	1957	48	1954	31	1956	29	1989	23	100			
1.SMPABC114	726428.49061	99.62050	0.73969	646.148	0.12013	0.00127	0.35690	0.00304	5.91511	0.00329	0.10950	0.00099	0.12008	2.16135	5.90909	2.71568	0.35690	1.70176	0.62664	0.10950	1.80756	1957	38	1967	29	1963	24	2101	36	100				
1.SMPABC199	1148796.82081	151.08617	1.20759	993.192	0.12016	0.00124	0.37215	0.00325	6.16569	0.00340	0.00460	0.00078	0.12017	2.65116	6.16633	3.21876	0.37215	1.82531	0.56708	0.00460	1.49140	1959	47	2040	32	2000	29	2011	29	102				
1.SMPABC167	288781.00000	39.66150	2.86199	34725.915	0.12025	0.00126	0.35637	0.00314	5.90864	0.00338	0.10453	0.00071	0.12025	2.09653	5.90864	2.73678	0.35637	1.76019	0.64316	0.10453	1.35846	1960	37	1965	30	1963	24	2010	26	100				
1.SMPABC172	823767.07159	1251.42248	0.71376	199.496	0.12085	0.00122	0.35503	0.00320	5.91582	0.00342	0.11589	0.00069	0.12065	2.04022	5.90620	2.72268	0.35503	1.80291	0.62148	0.11589	1.9078	1966	36	1959	31	1962	24	2216	25	100				
1.SMPABC094	822590.22232	126.78419	0.98915	226.423	0.12090	0.00122	0.35616	0.00317	5.93708	0.00340	0.10172	0.00062	0.12075	2.03199	5.92957	2.70072	0.35616	1.77947	0.65889	0.10172	1.21903	1967	36	1964	30	1966	24	1958	23	100				
1.SMPABC133	945445.89803	129.08517	0.93211	1216.850	0.12098	0.00123	0.35848	0.00318	5.97967	0.00341	0.10333	0.00066	0.12098	2.62053	5.97987	3.21219	0.35848	1.85799	0.57832	0.10333	1.27623	1971	47	1975	32	1973	28	1989	24	100				
1.SMPABC113	472535.94018	63.27410	0.97897	268.756	0.12124	0.00123	0.36552	0.00330	6.11023	0.00352	0.10171	0.00065	0.12114	2.03481	6.10541	2.71941	0.36552	1.80409	0.66341	0.10171	1.27814	1973	36	2008	31	1991	24	1958	24	101				
1.SMPABC168	333316.61797	45.69099	2.49254	519.625	0.12155	0.00126	0.35705	0.00343	5.98390	0.00365	0.09834	0.00060	0.12160	2.64576	5.98628	3.31603	0.35705	1.99899	0.60283	0.09834	1.22026	1980	47	1968	34	1974	29	1896	22	100				
1.SMPABC194	354854.45595	45.22960	2.64281	185.242	0.12176	0.00126	0.38040	0.00343	6.44667	0.00365	0.10528	0.00068	0.12160	2.07913	6.43985	2.74043	0.38040	1.78526	0.65145	0.10528	1.29179	1980	37	2095	32	2038	24	2023	25	103				
1.SMPABC128	660767.55040	89.93883	1.55142	317.296	0.12206	0.00125	0.35959	0.00312	6.05171	0.00336	0.10903	0.00070	0.12197	2.05332	6.04721	2.68743	0.35959	1.73383	0.64516	0.10903	1.28405	1985	37	1980	30	1983	24	2092	26	100				
1.SMPABC148	190665.40936	25.88080	3.05310	169.901	0.12219	0.00128	0.36058	0.00348	6.07481	0.00371	0.10010	0.00061	0.12208	2.10215	6.06935	2.85286	0.36058	1.92867	0.67605	0.10010	1.21878	1987	37	1985	30	1986	25	1928	22	100				
1.SMPABC151	415343.00000	56.35030	2.56813	1452.988	0.12244	0.00127	0.36076	0.00321	6.09028	0.00345	0.10400	0.00070	0.12244	2.07449	6.09028	2.73189	0.36076	1.77756	0.65067	0.10400	1.34615	1992	37	1986	30	1989	24	2000	25	100				
1.SMPABC220	179577.70676	24.15827	1.26961	282.129	0.12260	0.00135	0.36382	0.00323	6.15007	0.00350	0.10528	0.00107	0.12254	2.20458	6.14724	2.82954	0.36382	1.77374	0.62686	0.10528	2.03267	1994	39	2000	31	1997	25	2023	29	100				
1.SMPABC207	711710.26741	96.14634	0.42014	851.203	0.12319	0.00129	0.36230	0.00336	6.15388	0.00360	0.10563	0.00101	0.12319	2.09437	6.15377	2.79620	0.36230	1.85267	0.66257	0.10563	1.91234	2003	37	1993	32	1998	25	2030	37	100				
1.SMPABC213	744473.87533	99.58135	0.87608	151.510	0.12375	0.00126	0.36591	0.00338	6.24338	0.00361	0.14303	0.00091	0.12372	2.03732	6.24176	2.74884	0.36591	1.84538	0.67133	0.14303	1.27246	2011	36	2010	32	2010	24	2702	32	100				
1.SMPABC140	105493.97516	14.09748	2.86042	84.886	0.12447	0.00147	0.36626	0.00339	6.28571	0.00369	0.10678	0.00103	0.12392	2.47867	6.25776	3.10185	0.36626	1.86485	0.60121	0.10678	1.92920	2013	44	2012	32	2013	28	2051	38	100				
1.SMPABC193	817708.72614	111.25725	2.34376	90.903	0.12501	0.00131	0.35973	0.00353	6.20038	0.00377	0.05473	0.00041	0.12451	2.20063	6.17552	2.95556	0.35973	1.97295	0.66754	0.05473	1.49826	2022	39	1981	34	2001	26	1077	16	99				
1.SMPABC219	805692.91319	106.91782	0.50917	1732.792	0.12476	0.00130	0.36883	0.00348	6.34451	0.00371	0.23564	0.00198	0.12474	2.08450	6.34348	2.81035	0.36883	1.88492	0.67071	0.23564	1.68053	2025	37	2024	33	2024	25	4277	65	100				
1.SMPABC115	838362.32873	110.48120	1.05832	322.118	0.12576	0.00128	0.37140	0.00328	6.44005	0.00352	0.13348	0.00083	0.12564	2.04313																				

## SAMPLE DB02 (Fm. Matão-Duas Barras

Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto				Ratios b										Ratios c										Dates c								
Identifier	208Ps	U (μg g <sup>-1</sup> ) a	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	t <sub>s</sub>	206Pb/238U	t <sub>s</sub>	207Pb/235U	t <sub>s</sub>	208Pb/232Th	t <sub>s</sub>	207Pb/206Pb	2s (%)	207Pb/235U	2s (%)	208Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	206Pb/238U	2s	208Pb/232Th	2s	%				
	CPS													Data for Wetherill plot c									abs	abs	abs	abs	conc					
1sSMPABC031	708187.13575	158.45601	1.96717	252.927	0.08327	0.00085	0.21959	0.00201	2.52'22	0.00218	0.04725	0.00025	0.08322	2.04901	2.51956	2.75125	0.21959	1.83601	0.66734	0.04725	1.05820	1274	40	1280	21	1278	20	933	10	100		
1sSMPABC014	404827.67975	70.38876	0.87478	131.284	0.09874	0.00202	0.28258	0.00256	3.847'18	0.00276	0.07459	0.00053	0.09859	2.09333	3.84117	2.77359	0.28258	1.81955	0.65603	0.07459	1.42110	1598	39	1604	29	1601	23	1454	20	100		
1sSMPABC067	357357.16086	60.60845	0.81816	439.771	0.10091	0.00105	0.28970	0.00271	4.03075	0.00291	0.07129	0.00054	0.10091	2.87383	4.03078	3.50068	0.28970	1.99897	0.57102	0.07129	1.51494	1641	53	1640	29	1640	29	1392	20	100		
1sSMPABC120	1533385.47613	249.109874	1.06714	633.318	0.10451	0.00113	0.30244	0.00269	4.35913	0.00292	0.06906	0.00064	0.10449	2.6301	4.35746	2.80325	0.30244	1.78314	0.63610	0.06906	1.85346	1705	41	1703	29	1704	23	1350	24	100		
1sSMPABC093	1540409.21438	243.61390	0.42580	838.563	0.10672	0.00108	0.31068	0.00280	4.57153	0.00300	0.07637	0.00047	0.10670	2.02478	4.57059	2.71375	0.31068	1.80685	0.66581	0.07637	1.23085	1744	37	1744	28	1744	23	1488	18	100		
1sSMPABC096	705737.92192	110.60881	1.20100	308.744	0.10725	0.00110	0.31350	0.00281	4.63589	0.00302	0.08221	0.00051	0.10718	2.05602	4.63294	2.73092	0.31350	1.79742	0.65887	0.08221	1.24072	1752	38	1758	28	1755	23	1597	19	100		
1sSMPABC052	782978.77786	110.25595	0.73936	597.331	0.11746	0.00131	0.34892	0.00302	5.65093	0.00329	0.09396	0.00104	0.11749	2.80554	5.65218	3.34844	0.34892	1.82784	0.54588	0.09396	2.21371	1918	50	1929	30	1924	29	1815	38	100		
1sSMPABC060	482070.62972	68.15346	0.80626	633.959	0.12889	0.00130	0.34754	0.00321	6.17624	0.00346	0.09542	0.00056	0.12888	2.01748	6.17563	2.73884	0.34754	1.85170	0.67619	0.09542	1.17378	2083	36	2123	31	2001	24	1842	21	96		
1sSMPABC007	808639.27223	99.63748	0.87898	693.092	0.12941	0.00130	0.39876	0.00368	7.11512	0.00390	0.09603	0.00053	0.12942	2.53451	7.11585	3.98676	0.19122	0.60329	0.09603	1.10382	2090	45	2163	35	2126	29	1853	19	102			
1sSMPABC316	305591.54471	43.01241	1.49953	190.614	0.12984	0.00150	0.34908	0.00311	6.24940	0.00345	0.08118	0.00100	0.12974	2.31530	6.24462	2.92448	0.34908	1.78661	0.61092	0.08118	2.46366	2094	41	1930	30	2011	26	1578	37	96		
1sSMPABC051	1133817.76196	154.42481	0.57607	400.895	0.13019	0.00137	0.36075	0.00337	6.47569	0.00362	0.10018	0.00059	0.13012	2.01539	6.47207	2.92439	0.36075	1.87305	0.68077	0.10018	1.77788	2100	35	1986	32	2042	26	1300	22	97		
1sSMPABC092	810531.34444	109.22807	1.64612	120.708	0.13161	0.00133	0.36460	0.00333	6.61617	0.00359	0.10112	0.00057	0.13120	2.08169	6.59567	2.77671	0.36460	1.83894	0.68206	0.10112	1.12737	2114	37	2004	32	2059	25	1947	21	97		
1sSMPABC31	1098641.00000	137.81977	0.53222	145097.517	0.13207	0.00143	0.39167	0.00367	7.13232	0.00394	0.10142	0.00115	0.13207	2.16552	7.13232	2.86674	0.39167	1.87849	0.65527	0.10142	2.26780	2126	38	2131	24	2128	26	1953	42	100		
1sSMPABC37	991678.21563	122.58218	0.15269	2519.096	0.13207	0.00140	0.39749	0.00388	7.23818	0.00412	0.10631	0.00145	0.13209	2.60495	7.23940	3.29692	0.39749	2.02088	0.61296	0.10631	2.72787	2126	46	2157	37	2141	30	2042	53	101		
1sSMPABC109	365448.12515	45.49922	10.065	391.689	0.13304	0.00136	0.39464	0.00355	7.23913	0.00380	0.10748	0.00072	0.13290	2.05238	7.23731	2.73263	0.39464	1.80415	0.66023	0.10748	1.33978	2137	36	2144	33	2140	25	2063	26	100		
1sSMPABC108	679781.46202	83.58990	0.76459	409.649	0.13389	0.00149	0.39957	0.00372	7.37642	0.00401	0.10475	0.00015	0.13378	2.23081	7.37044	2.90891	0.39957	1.86688	0.64178	0.10475	2.38663	2148	39	2167	34	2157	26	2014	46	100		
1sSMPABC057	1041468.91439	133.01619	1.03383	371.519	0.13393	0.00140	0.38472	0.00338	7.10430	0.00366	0.11195	0.00028	0.13384	2.09442	7.09955	2.87817	0.38472	1.76686	0.64370	0.11195	1.55427	2149	37	2098	32	2124	25	2145	32	99		
1sSMPABC094	433240.57128	53.68727	0.31099	256.614	0.13398	0.00149	0.39650	0.00364	7.32453	0.00393	0.26073	0.00488	0.13386	2.22998	7.31813	2.89173	0.39650	1.84101	0.63664	0.26073	3.74334	2149	39	2153	34	2151	26	4683	156	100		
1sSMPABC017	75162.63369	92.93117	1.35923	118.922	0.13400	0.00158	0.39741	0.00345	7.34248	0.00379	0.10493	0.00136	0.13401	2.79068	7.34291	3.32737	0.39741	1.81204	0.54459	0.10493	2.59220	2151	49	2157	33	2154	30	2017	50	100		
1sSMPABC049	684659.46051	84.597123	1.15723	656.424	0.13424	0.00138	0.39765	0.00353	7.36008	0.00379	0.10736	0.00074	0.13423	2.05628	7.35933	2.71948	0.39765	1.77969	0.63442	0.10736	1.37854	2151	46	2158	33	2166	25	2061	27	100		
1sSMPABC099	201912.00000	24.93650	0.62830	27120.820	0.13432	0.00148	0.39784	0.00360	7.36799	0.00389	0.10705	0.00148	0.13432	2.20369	7.36799	2.85434	0.39784	1.84140	0.63556	0.10705	2.76506	2155	38	2159	33	2157	26	2056	54	100		
1sSMPABC056	212662.34678	27.53737	1.92987	127.595	0.13470	0.00139	0.37945	0.00347	7.04722	0.00374	0.10625	0.00068	0.13440	2.09528	7.03140	2.78666	0.37945	1.83719	0.65928	0.10625	1.28000	2156	37	2157	33	2155	25	2041	25	98		
1sSMPABC078	590823.66909	72.91270	0.65984	763.902	0.13447	0.00140	0.39814	0.00372	7.38180	0.00397	0.08938	0.00079	0.13447	2.08231	7.38159	2.80085	0.39814	1.87316	0.66878	0.08938	1.76773	2157	36	2160	34	2159	25	1730	29	100		
1sSMPABC011	1029244.00000	127.02072	0.65984	138618.582	0.13468	0.00142	0.39813	0.00363	7.39314	0.00390	0.10135	0.00095	0.13468	2.10670	7.39314	2.79066	0.39813	1.82789	0.65500	0.10135	1.87469	2160	37	2160	34	2160	25	1951	35	100		
1sSMPABC128	1310369.65256	173.98939	0.69426	155.642	0.13501	0.00134	0.37004	0.00340	6.88841	0.00365	0.09360	0.00054	0.13469	2.02002	6.87224	2.73673	0.37004	1.84641	0.67468	0.09360	1.15385	2160	35	2160	30	2160	23	2095	25	1809	20	97
1sSMPABC036	987009.04233	121.28625	0.65364	494.952	0.13497	0.00137	0.39984	0.00371	7.44096	0.00395	0.10849	0.00064	0.13489	2.03292	7.43679	2.75567	0.39984	1.86037	0.67511	0.10849	1.77993	2163	35	2168	34	2165	25	2082	23	100		
1sSMPABC097	982190.61319	149.28276	0.61906	137.928	0.13531	0.00136	0.32327	0.00312	6.03112	0.00340	0.09910	0.00088	0.13495	2.05322	6.01518	2.82802	0.32327	1.94181	0.68712	0.09910	1.37235	2163	36	2168	31	1978	25	1910	25	91		
1sSMPABC039	662216.16299	81.52610	0.95782	565.777	0.13502	0.00137	0.39910	0.00370	7.42991	0.00395	0.09893	0.00058	0.13499	2.03004	7.42827	2.75237	0.39910	1.85863	0.67528	0.09893	1.17255	2164	35	2164	34	2164	25	1907	21	100		
1sSMPABC070	467280.21643	57.4076	0.71991	521.999	0.13517	0.00139	0.39993	0.00375	7.45367	0.00400	0.10632	0.00080	0.13517	2.05668	7.45361	2.78632	0.39993	1.87979	0.67465	0.10632	1.50489	2166	36	2169	35	2167	25	2042	29	100		
1sSMPABC038	842562.00000	103.40919	0.55123	6700.350	0.13519	0.00137	0.40033	0.00377	7.46224	0.00401	0.10666	0.00073	0.13519	2.02678	7.46224	2.76985	0.40033	1.88793	0.68160	0.10666	1.31936	2166	35	2171	35	2168	25	2121	26	100		
1sSMPABC027	1031777.00000	126.34086	0.79094	60.669	0.13583	0.00118	0.40126	0.00399	7.51484	0.00416	0.10369	0.00064	0.13583	1.73747	7.51484	2.64440	0.40126	1.99350	0.63696	0.10369	1.23445	2175	30	2175	34	2176	24	1994	24	100		
1sSMPABC019	226949.80041	29.71636	0.69842	71.790	0.13676	0.00147	0.37525	0.00375	7.07580	0.00403	0.10844	0.00134	0.13602	2.30294	7.03755	3.06808	0.37525	2.02418	0.66019	0.11864	2.25893	2177	40	2054	36	2116	28	2266	49	97		
1sSMPABC071	762633.01688	93.37491	0.98119	183.973	0.13652	0.00141	0.40130	0.00370	7.55377	0.00396	0.08207	0.00061	0.13630	2.08286	7.54143	2.78597	0.40130	1.85023	0.66412	0.08207	1.51987	2181	36	2175	34	2178	25	1651	23	100		
1sSMPABC008	806231.73385	98.25408	1.43859	276.284	0.13656	0.00141	0.40317	0.00359	7.59128	0.00386	0.07621	0.00056	0.13639	2.07579	7.58175	2.73853	0.40317	1.78623	0.65226	0.07621	1.46962	2182	36	2184	33	2183	25	1485	21	100		
1sSMPABC068	57771.10959	82																														





SAMPLE DB06 (Fm. Matão-Duas Barras)																																					
Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto										Ratios b										Ratios c										Dates c							
Identifier	206Pb	U (µg g <sup>-1</sup> ) a	Th/U	206Pb/ 204Pb	207Pb/ 206Pb	ε	206Pb/ 238U	ε	207Pb/ 235U	ε	206Pb/ 232Th	ε	207Pb/ 206Pb	2s (%)	207Pb/ 235U	2s (%)	206Pb/ 238U	2s (%)	Rho	206Pb/ 232Th	2s (%)	207Pb/ 206Pb	2s	206Pb/ 238U	2s	207Pb/ 235U	2s	206Pb/ 232Th	2s	abs	abs	abs	abs	conc			
CPS										Data for Wetherill plot c																											
1SMPABC198	1057221.00000	191.96781	1.28959	103533.653	0.09793	0.00098	0.27951	0.00253	3.77411	0.00271	0.07741	0.00038	0.09793	2.00143	3.77411	2.70284	0.27951	1.81648	0.67207	0.07741	0.98179	1585	37	1589	26	1587	22	1507	14	100							
1SMPABC148	714372.04195	129.86325	2.34180	423.738	0.09849	0.00102	0.27919	0.00243	3.79133	0.00264	0.07739	0.00045	0.09846	2.07245	3.79036	2.71041	0.27919	1.74679	0.64447	0.07130	1.26068	1595	39	1587	25	1591	22	1394	17	100							
1SMPABC153	268512.82332	48.40839	2.12610	372.535	0.09857	0.00107	0.28152	0.00267	3.82605	0.00288	0.08325	0.00045	0.09851	2.17653	3.82354	2.89174	0.28152	1.90391	0.65840	0.06325	1.42292	1596	41	1599	27	1598	24	1240	17	100							
1SMPABC235	576906.00000	95.81602	1.73333	60697.295	0.10523	0.00111	0.30553	0.00264	4.43295	0.00286	0.08411	0.00062	0.10523	2.10966	4.43295	2.73086	0.30553	1.73405	0.63498	0.08411	1.47426	1718	39	1719	26	1719	23	1632	23	100							
1SMPABC273	347949.00000	56.83631	1.59899	37140.076	0.10674	0.00114	0.31071	0.00287	4.57276	0.00309	0.08541	0.00066	0.10674	2.13603	4.57276	2.82822	0.31071	1.85371	0.65543	0.08541	1.54549	1744	39	1744	28	1744	24	1657	24	100							
1SMPABC192	772220.96294	121.96461	1.13893	415.384	0.10977	0.00110	0.32134	0.00291	4.86354	0.00311	0.08261	0.00043	0.10973	2.00579	4.86191	2.70672	0.32134	1.81745	0.67146	0.08261	1.04104	1795	37	1796	28	1796	23	1604	16	100							
1SMPABC250	1266402.03497	223.41388	1.25194	63.982	0.12437	0.00129	0.28769	0.00246	4.93331	0.00278	0.09103	0.00066	0.12368	2.27067	4.90595	2.87234	0.28769	1.75910	0.61243	0.09103	1.45007	2010	40	1630	25	1803	25	1761	24	90							
1SMPABC274	541683.35873	73.56489	2.45912	750.049	0.12593	0.00129	0.37371	0.00328	6.48882	0.00352	0.10019	0.00059	0.12600	2.59072	6.49264	3.17845	0.37371	1.84140	0.57934	0.10019	1.17776	2043	46	2047	32	2045	28	1930	22	100							
1SMPABC159	1143518.79571	153.98824	0.89160	516.866	0.12706	0.00129	0.37689	0.00348	6.60277	0.00371	0.09318	0.00055	0.12701	2.03223	6.60021	2.75026	0.37689	1.85310	0.67379	0.09318	1.18051	2057	36	2062	33	2059	25	1801	20	100							
1SMPABC228	682616.16405	91.06163	1.89882	575.004	0.12806	0.00130	0.38045	0.00338	6.71763	0.00362	0.09971	0.00054	0.12804	2.03084	6.71645	2.70242	0.38045	1.78291	0.65975	0.09971	1.08314	2071	36	2078	32	2075	24	1921	20	100							
1SMPABC171	566431.31447	75.56845	1.53995	314.118	0.12820	0.00128	0.38042	0.00346	6.72444	0.00369	0.09086	0.00047	0.12810	2.00193	6.71932	2.70940	0.38042	1.82567	0.67383	0.09086	1.03456	2072	35	2078	32	2075	24	1758	17	100							
1SMPABC276	1369567.37371	181.05888	1.80968	1782.099	0.13012	0.00133	0.38390	0.00343	6.88762	0.00368	0.10558	0.00062	0.13012	2.55762	6.88768	3.16694	0.38390	1.86764	0.58973	0.10558	1.17446	2100	45	2094	33	2097	28	2029	23	100							
1SMPABC178	1751495.00000	255.40893	0.63360	195.488	0.13014	0.00128	0.34804	0.00344	6.24518	0.00367	0.09050	0.00058	0.13014	1.96711	6.24518	2.79354	0.34804	1.98351	0.71004	0.09050	1.28177	2100	35	1925	33	2011	25	1751	21	96							
1SMPABC232	1348411.06027	173.42988	0.64368	1797.385	0.13062	0.00134	0.39460	0.00336	7.10672	0.00362	0.10812	0.00078	0.13063	2.55990	7.10730	3.11957	0.39460	1.78287	0.57151	0.10812	1.44284	2106	45	2144	33	2125	28	2075	29	101							
1SMPABC217	305243.90764	39.67857	0.63302	203.845	0.13176	0.00135	0.39044	0.00339	7.09310	0.00374	0.11598	0.00094	0.13156	2.06539	7.08227	2.73676	0.39044	1.79555	0.65609	0.11598	1.62097	2119	36	2125	33	2122	25	2218	34	100							
1SMPABC176	463040.01064	60.43584	1.71169	516.352	0.13161	0.00133	0.38885	0.00350	7.05625	0.00374	0.10018	0.00053	0.13159	2.02169	7.05496	2.71110	0.38885	1.80634	0.66627	0.10018	1.05810	2119	35	2118	33	2118	24	1930	20	100							
1SMPABC158	611248.00000	78.94468	0.78621	1284.397	0.13238	0.00140	0.39297	0.00343	7.17263	0.00370	0.10593	0.00099	0.13238	2.11512	7.17263	2.74628	0.39297	1.75165	0.63783	0.10593	1.86916	2130	37	2137	32	2133	25	2035	36	100							
1SMPABC189	1118949.43120	175.74462	0.85662	202.811	0.13274	0.00131	0.32314	0.00292	5.91414	0.00320	0.09212	0.00046	0.13249	1.99707	5.90320	2.70001	0.32314	1.81708	0.67299	0.09212	0.99870	2131	35	1805	29	1962	24	1781	17	92							
1SMPABC188	924826.70850	134.52008	0.44546	323.898	0.13285	0.00135	0.34893	0.00319	6.39140	0.00346	0.09476	0.00068	0.13274	2.03824	6.38590	2.74281	0.34893	1.83537	0.66916	0.09476	1.43520	2134	36	1929	31	2030	24	1830	25	95							
1SMPABC237	552205.44652	72.73434	0.84471	1289.225	0.13276	0.00143	0.39301	0.00337	7.19395	0.00366	0.10007	0.00107	0.13276	2.62868	7.19414	3.18308	0.39301	1.79500	0.56392	0.10001	2.13979	2135	46	2137	33	2136	29	1927	39	100							
1SMPABC275	680197.90942	87.96209	0.55187	640.561	0.13283	0.00142	0.39248	0.00370	7.18782	0.00396	0.10800	0.00111	0.13278	2.13947	7.18531	2.85607	0.39248	1.89204	0.66246	0.10800	2.05556	2135	37	2134	34	2135	26	2073	41	100							
1SMPABC248	608162.00031	78.61035	0.39873	1794.847	0.13281	0.00135	0.38264	0.00358	7.19904	0.00383	0.10923	0.00080	0.13281	2.03303	7.19898	2.73518	0.38264	1.82975	0.66897	0.10923	1.46480	2135	36	2135	33	2135	25	2095	29	100							
1SMPABC268	144848.00000	53.41395	3.01068	118.682	0.13303	0.00139	0.39416	0.00346	7.23011	0.00373	0.10573	0.00071	0.13303	2.08975	7.23011	2.73314	0.39416	1.76153	0.64451	0.10573	1.34304	2138	37	2142	32	2140	25	2032	26	100							
1SMPABC151	551732.86709	76.45493	0.88627	500.467	0.13332	0.00142	0.38625	0.00319	6.73256	0.00349	0.10154	0.00095	0.13334	2.60502	6.73362	3.18457	0.38625	1.83177	0.57520	0.10154	1.87118	2142	46	2012	32	2077	29	1955	35	97							
1SMPABC219	908495.27914	116.85772	0.85588	802.679	0.13347	0.00134	0.39457	0.00357	7.26123	0.00381	0.10371	0.00056	0.13341	2.00985	7.25809	2.70867	0.39457	1.81586	0.67039	0.10371	1.07993	2143	35	2144	33	2144	24	1995	21	100							
1SMPABC258	153088.98210	19.53797	0.94366	99.940	0.13398	0.00142	0.39767	0.00375	7.34625	0.00401	0.10496	0.00099	0.13383	2.12883	7.33795	2.84892	0.39767	1.89327	0.66456	0.10496	1.88643	2149	37	2158	35	2153	26	2071	36	100							
1SMPABC220	340514.25166	46.68703	1.03977	362.255	0.13416	0.00147	0.37017	0.00324	6.84736	0.00356	0.07539	0.00090	0.13404	2.19703	6.84149	2.81327	0.37017	1.75714	0.62459	0.07539	2.38758	2152	38	2030	31	2091	25	1469	34	97							
1SMPABC267	370670.33429	47.52501	0.47324	240.192	0.13413	0.00140	0.39585	0.00342	7.32070	0.00370	0.12231	0.00122	0.13413	2.06527	7.32097	3.13749	0.39585	1.80644	0.57576	0.12231	1.99493	2153	45	2150	33	2151	28	2332	44	100							
1SMPABC257	352918.88440	44.81958	0.95102	191.533	0.13470	0.00147	0.39964	0.00348	7.42226	0.00378	0.10844	0.																									

**SAMPLE DB03 (Fm. Serra do Catuní)**

Dept. Geology, Univ. of Ouro Preto

206Pb

206Pb/204Pb

207Pb/206Pb

ε

206Pb/238U

ε

207Pb/235U

ε

208Pb/232Th

ε

207Pb/206Pb

2s (%)

207Pb/235U

2s (%)

Rho

208Pb/232Th

2s (%)

207Pb/206Pb

2s

206Pb/238U

2s

207Pb/235U

2s

208Pb/232Th

2s

%

CPS

U (μg g<sup>-1</sup>) a

Th/U

<



# APÊNDICE III

## Diagrama de Cawood

SAMPLE DB01 (this work)

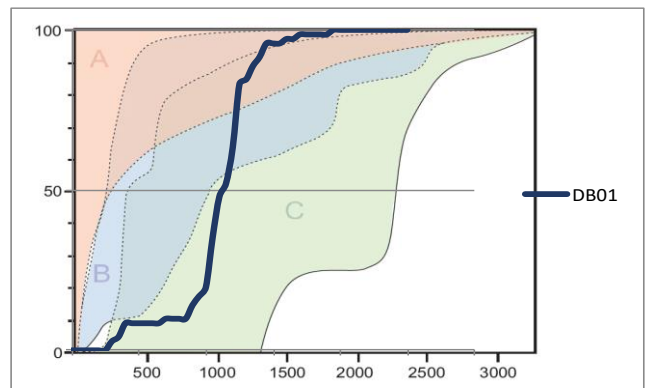
	AGE	ts	DA	CA-DA	Th/U	Conc
1sSMPABC136	1207	41	930	277	0,6079	100
1sSMPABC209	1227	41	930	297	1,3365	100
1sSMPABC093	1247	40	930	317	0,9359	100
1sSMPABC130	1292	43	930	362	1,0543	100
1sSMPABC214	1300	62	930	370	0,6742	100
1sSMPABC189	1319	41	930	389	0,7884	100
1sSMPABC153	1599	40	930	669	1,0824	90
1sSMPABC107	1800	39	930	870	1,0363	100
1sSMPABC158	1803	37	930	873	0,5792	100
1sSMPABC099	1819	37	930	889	1,5052	100
1sSMPABC095	1853	37	930	923	1,2826	100
1sSMPABC217	1868	39	930	938	1,0929	101
1sSMPABC154	1887	48	930	957	0,9834	100
1sSMPABC190	1904	37	930	974	1,4429	100
1sSMPABC150	1955	37	930	1025	1,3150	100
1sSMPABC127	1957	48	930	1027	3,2848	100
1sSMPABC114	1957	38	930	1027	0,7397	100
1sSMPABC199	1959	47	930	1029	1,2076	102
1sSMPABC167	1960	37	930	1030	2,8620	100
1sSMPABC172	1966	36	930	1036	0,7138	100
1sSMPABC094	1967	36	930	1037	0,9982	100
1sSMPABC133	1971	47	930	1041	0,9932	100
1sSMPABC113	1973	36	930	1043	0,9790	101
1sSMPABC168	1980	47	930	1050	2,4925	100
1sSMPABC194	1980	37	930	1050	2,6428	103
1sSMPABC128	1985	37	930	1055	1,5514	100
1sSMPABC148	1987	37	930	1057	3,0531	100
1sSMPABC151	1992	37	930	1062	2,5681	100
1sSMPABC220	1994	39	930	1064	1,2696	100
1sSMPABC207	2003	37	930	1073	0,4201	100
1sSMPABC213	2011	36	930	1081	0,8761	100
1sSMPABC140	2013	44	930	1083	2,8604	100
1sSMPABC193	2022	39	930	1092	2,3438	99
1sSMPABC219	2025	37	930	1095	0,5092	100
1sSMPABC115	2038	36	930	1108	1,1083	100
1sSMPABC195	2044	37	930	1114	0,9183	100
1sSMPABC109	2059	37	930	1129	1,4915	100
1sSMPABC211	2088	36	930	1158	2,2534	100
1sSMPABC149	2090	36	930	1160	0,9762	100
1sSMPABC117	2090	36	930	1160	1,2454	104
1sSMPABC191	2095	46	930	1165	0,4247	100
1sSMPABC111	2100	36	930	1170	1,0073	100
1sSMPABC087	2107	36	930	1177	0,3760	100
1sSMPABC118	2115	34	930	1185	1,2354	100
1sSMPABC198	2126	36	930	1196	0,6994	100
1sSMPABC091	2132	44	930	1202	0,9470	101
1sSMPABC218	2135	36	930	1205	1,2384	100
1sSMPABC157	2135	37	930	1205	0,7469	100
1sSMPABC215	2139	36	930	1209	0,7816	100
1sSMPABC137	2142	35	930	1212	0,7001	102
1sSMPABC192	2156	36	930	1226	0,7802	102
1sSMPABC175	2159	36	930	1229	1,1509	100
1sSMPABC119	2163	39	930	1233	0,4870	100
1sSMPABC110	2166	36	930	1236	0,3081	100
1sSMPABC210	2166	36	930	1236	1,1512	100
1sSMPABC092	2166	36	930	1236	1,3218	100
1sSMPABC170	2169	35	930	1239	0,8805	100
1sSMPABC196	2170	36	930	1240	0,7737	100
1sSMPABC171	2174	36	930	1244	1,2044	96
1sSMPABC208	2187	36	930	1257	0,4361	100
1sSMPABC138	2238	36	930	1308	1,2601	96
1sSMPABC098	2240	37	930	1310	2,0489	95
1sSMPABC177	2272	36	930	1342	1,3372	100
1sSMPABC139	2290	36	930	1360	0,2160	100
1sSMPABC159	2306	38	930	1376	1,0567	92
1sSMPABC197	2342	41	930	1412	0,2255	103
1sSMPABC200	2358	38	930	1428	2,9351	90
1sSMPABC160	2372	37	930	1442	0,7039	96
1sSMPABC108	2508	35	930	1578	1,1127	98
1sSMPABC134	2605	36	930	1675	0,7232	100
1sSMPABC212	2835	34	930	1905	2,8035	100

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

► 1st STEP  
5% younger grains 3,55 if CA - DA > 150Ma Extensional  
CA - DA < 150Ma 2nd Step  
► 2nd STEP  
30% younger grains 213 if CA - DA > 100Ma Collisional  
CA - DA < 100Ma Convergent

	Intervals	N of z	CP
	0	0	0,0000
	50	0	0,0000
	100	0	0,0000
	150	0	0,0000
	200	0	0,0000
	250	0	0,0000
	300	2	2,8169
	350	1	1,4085
	400	3	4,2254
	450	0	0,0000
	500	0	0,0000
	550	0	0,0000
	600	0	0,0000
	650	0	0,0000
	700	1	1,4085
	750	0	0,0000
	800	0	0,0000
	850	0	0,0000
	900	3	4,2254
	950	2	2,8169
	1000	2	2,8169
	1050	11	15,4930
	1100	9	12,6761
	1150	3	4,2254
	1200	8	11,2676
	1250	14	19,7183
	1300	1	1,4085
	1350	3	4,2254
	1400	2	2,8169
	1450	3	4,2254
	1500	0	0,0000
	1550	0	0,0000
	1600	1	1,4085
	1650	0	0,0000
	1700	1	1,4085
	1750	0	0,0000
	1800	0	0,0000
	1850	0	0,0000
	1900	0	0,0000
	1950	1	1,4085
	2000	0	0,0000
	2050	0	0,0000
	2100	0	0,0000
	2150	0	0,0000
	2200	0	0,0000
	2250	0	0,0000
	2300	0	0,0000
	2350	0	0,0000
	2400	0	0,0000
	2450	0	0,0000
	2500	0	0,0000
TOTAL		71	

0	0
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	2,81691408
350	4,225352113
400	8,450704225
450	8,450704225
500	8,450704225
550	8,450704225
600	8,450704225
650	8,450704225
700	9,85915493
750	9,85915493
800	9,85915493
850	9,85915493
900	14,08450704
950	16,9014
1000	19,71830986
1050	35,2126761
1100	47,88732394
1150	52,1267606
1200	63,38028169
1250	83,09859155
1300	84,50704225
1350	88,73239437
1400	91,54929577
1450	95,77464789
1500	95,77464789
1550	95,77464789
1600	97,18309859
1650	97,18309859
1700	98,5915493
1750	98,5915493
1800	98,5915493
1850	98,5915493
1900	98,5915493
1950	100
2000	100
2050	100
2100	100
2150	100
2200	100
2250	100
2300	100
2350	100
2400	100
2450	100
2500	100



SAMPLE DB02 (*this work*)

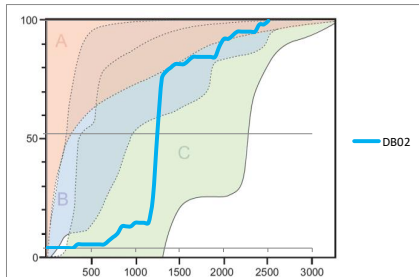
	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	Conc
1.sMPABC031	1274,268	39,96523	930	344	1,961709	100,0786
1.sMPABC014	1597,547	39,0725	930	668	0,874784	100,0925
1.sMPABC067	1640,93	53,34034	930	711	0,818158	99,88375
1.sMPABC120	1705,425	39,81845	930	775	1,647436	99,85278
1.sMPABC093	1743,757	37,09485	930	814	0,425803	99,91274
1.sMPABC096	1752,042	37,62821	930	822	1,200997	100,0568
1.sMPABC052	1918,33	50,31724	930	988	0,739356	100,1788
1.sMPABC060	2082,713	35,50032	930	1153	0,806263	95,99535
1.sMPABC007	2090,151	44,5606	930	1160	0,878982	101,65
1.sMPABC136	2094,456	40,68688	930	1164	1,499527	95,89795
1.sMPABC051	2099,548	35,39626	930	1170	0,57607	97,13932
1.sMPABC092	2114,118	36,50088	930	1184	1,646121	97,23663
1.sMPABC131	2125,67	37,92165	930	1196	0,53222	100,0141
1.sMPABC137	2125,964	45,61521	930	1196	0,152888	100,6474
1.sMPABC109	2136,684	35,89636	930	1207	1,0516	100,0783
1.sMPABC108	2148,188	38,96727	930	1218	0,764594	100,3446
1.sMPABC057	2148,959	36,58171	930	1219	1,033833	98,68739
1.sMPABC094	2149,252	38,94815	930	1219	0,310986	99,9825
1.sMPABC107	2151,142	48,7309	930	1221	1,359232	100,0375
1.sMPABC049	2153,986	35,89553	930	1224	1,127533	99,99619
1.sMPABC099	2155,203	38,4636	930	1225	0,628303	99,98811
1.sMPABC095	2156,212	36,56735	930	1226	1,929866	97,92622
1.sMPABC078	2157,102	36,33737	930	1227	0,605988	99,9759
1.sMPABC011	2159,874	36,78661	930	1230	0,659842	99,909
1.sMPABC128	2160,043	35,23892	930	1230	0,694261	96,77398
1.sMPABC036	2162,648	35,45366	930	1233	0,653642	100,0303
1.sMPABC097	2163,398	35,80484	930	1233	0,619062	91,19223
1.sMPABC039	2163,887	35,39865	930	1234	0,957823	99,92003
1.sMPABC070	2166,195	35,8541	930	1236	0,719099	99,95604
1.sMPABC038	2166,465	35,33168	930	1236	0,551232	99,99333
1.sMPABC027	2174,695	30,26083	930	1245	0,790941	99,89885
1.sMPABC019	2177,138	40,09874	930	1247	0,698423	96,96202
1.sMPABC017	2180,67	36,25253	930	1251	0,981186	99,76201
1.sMPABC008	2181,84	36,12496	930	1252	1,438589	99,9378
1.sMPABC068	2184,438	37,1559	930	1254	1,760834	93,13931
1.sMPABC111	2186,888	35,43893	930	1257	0,671279	99,92937
1.sMPABC037	2188,097	36,33717	930	1258	1,194851	101,511
1.sMPABC010	2190,911	36,5505	930	1261	1,048339	95,57566
1.sMPABC112	2190,997	35,50651	930	1261	0,969006	99,80972
1.sMPABC013	2193,419	35,28712	930	1263	0,549131	100,0373
1.sMPABC114	2195,382	41,77262	930	1265	1,468121	99,87866
1.sMPABC079	2199,116	35,39941	930	1269	2,022194	100,0693
1.sMPABC118	2199,361	36,05796	930	1269	1,055291	99,80125
1.sMPABC110	2202,069	44,53921	930	1272	1,112328	99,76353
1.sMPABC091	2212,093	40,06669	930	1282	1,247456	100,1028
1.sMPABC071	2220,258	43,37427	930	1290	1,087388	99,97776
1.sMPABC035	2227,774	36,42644	930	1298	0,744768	99,87034
1.sMPABC059	2243,509	35,50151	930	1314	1,388893	99,96427
1.sMPABC020	2253,003	35,72796	930	1323	0,83261	100,0028
1.sMPABC089	2289,927	35,50094	930	1360	1,137283	99,95708
1.sMPABC073	2339,436	33,89577	930	1409	0,738567	102,3595
1.sMPABC069	2486,565	39,51662	930	1557	1,424889	90,85286
1.sMPABC015	2562,851	33,94234	930	1633	1,395195	99,97522
1.sMPABC029	2848,697	32,17706	930	1919	0,199646	99,98154
1.sMPABC050	2869,891	32,28767	930	1940	1,221173	103,0302
1.sMPABC040	2876,099	33,00173	930	1946	0,403652	99,91359
1.sMPABC058	2896,733	32,61465	930	1967	1,043275	101,8512
1.sMPABC138	2919,161	35,47068	930	1989	0,593776	100,0378
1.sMPABC140	3022,444	31,54985	930	2092	1,120607	103,0215
1.sMPABC072	3039,578	33,27567	930	2110	1,612572	100,0717
1.sMPABC139	3283,396	34,43341	930	2353	0,933926	99,89393
1.sMPABC032	3301,361	31,51437	930	2371	1,755119	94,12413
1.sMPABC113	3423,375	33,26637	930	2493	0,930183	99,9204

CA	Crystallization age
DA	Depositional age
CP	Cumulative proportion

➤ 1st STEP					
5% younger grains	3,15	if	CA - DA > 150Ma	Extensional	
			CA - DA < 150Ma	2nd Step	
➤ 2nd STEP					
30% younger grains	18,9	if	CA - DA > 100Ma	Collisional	
			CA - DA < 100Ma	Convergent	

		CP			
	Intervals	N of zircons			
	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0
	100	0	0	0	0
	150	0	0	0	0
	200	0	0	0	0
	250	0	0	0	0
	300	0	0	0	0
	350	1	1,5873	1,5873	
	400	0	0	1,5873	
	450	0	0	1,5873	
	500	0	0	1,5873	
	550	0	0	1,5873	
	600	0	0	1,5873	
	650	0	0	1,5873	
	700	1	1,5873	3,1746	
	750	1	1,5873	4,7619	
	800	1	1,5873	6,34921	
	850	2	3,1746	9,52381	
	900	0	0	9,52381	
	950	0	0	9,52381	
	1000	1	1,5873	11,1111	
	1050	0	0	11,1111	
	1100	0	0	11,1111	
	1150	0	0	11,1111	
	1200	7	11,1111	22,2222	
	1250	18	28,5714	50,7937	
	1300	15	23,8095	74,6032	
	1350	2	3,1746	77,7778	
	1400	1	1,5873	79,3651	
	1450	1	1,5873	80,9524	
	1500	0	0	80,9524	
	1550	0	0	80,9524	
	1600	1	1,5873	82,5397	
	1650	1	1,5873	84,127	
	1700	0	0	84,127	
	1750	0	0	84,127	
	1800	0	0	84,127	
	1850	0	0	84,127	
	1900	0	0	84,127	
	1950	3	4,7619	88,8889	
	2000	2	3,1746	92,0635	
	2050	0	0	92,0635	
	2100	1	1,5873	93,6508	
	2150	1	1,5873	95,2381	
	2200	0	0	95,2381	
	2250	0	0	95,2381	
	2300	0	0	95,2381	
	2350	0	0	95,2381	
	2400	2	3,1746	98,4127	
	2450	0	0	98,4127	
	2500	1	1,5873	100	
TOTAL		63			

0	0
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	1,5873
400	1,5873
450	1,5873
500	1,5873
550	1,5873
600	1,5873
650	1,5873
700	3,1746
750	4,7619
800	6,34921
850	9,52381
900	9,52381
950	9,52381
1000	11,1111
1050	11,1111
1100	11,1111
1150	11,1111
1200	22,2222
1250	50,7937
1300	74,6032
1350	77,7778
1400	79,3651
1450	80,9524
1500	80,9524
1550	80,9524
1600	82,5397
1650	84,127
1700	84,127
1750	84,127
1800	84,127
1850	84,127
1900	84,127
1950	88,8889
2000	92,0635
2050	92,0635
2100	93,6508
2150	95,2381
2200	95,2381
2250	95,2381
2300	95,2381
2350	95,2381
2400	98,4127
2450	98,4127
2500	100



SAMPLE DB05 (this work )

	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	Conc
1.sSMPABC291	1190,668	41,12367	930	261	0,816595	100,8317
1.sSMPABC367	1200,073	41,3883	930	270	1,158778	100,1381
1.sSMPABC248	1201,91	41,2838	930	272	1,618148	100,1099
1.sSMPABC230	1206,39	63,99853	930	276	0,595946	100,0987
1.sSMPABC312	1207,967	63,61898	930	278	0,939658	100,0475
1.sSMPABC370	1218,53	43,75558	930	289	1,218108	100,0309
1.sSMPABC260	1219,238	40,82492	930	289	0,622638	100,029
1.sSMPABC228	1223,869	40,21196	930	294	0,685139	100,0272
1.sSMPABC232	1225,079	40,66428	930	295	1,322637	100,0234
1.sSMPABC310	1225,805	41,61275	930	296	0,725294	100,0232
1.sSMPABC311	1234,852	62,51204	930	305	0,741279	100,0005
1.sSMPABC293	1238,929	39,90651	930	309	0,802091	99,99682
1.sSMPABC269	1247,566	39,59484	930	318	1,519857	99,99588
1.sSMPABC237	1268,354	40,23555	930	338	0,787952	99,98366
1.sSMPABC338	1355,857	39,36625	930	426	0,655107	94,83761
1.sSMPABC316	1476,501	39,11907	930	547	0,726948	93,14928
1.sSMPABC373	1491,739	40,214	930	562	2,145406	99,97881
1.sSMPABC309	1501,271	38,75329	930	571	0,591984	93,3387
1.sSMPABC231	1522,639	39,00313	930	593	1,079746	99,97876
1.sSMPABC251	1529,659	35,25634	930	600	0,904539	99,97809
1.sSMPABC267	1559,1	39,26667	930	629	0,592095	99,97728
1.sSMPABC259	1576,449	38,88479	930	646	0,900123	99,97636
1.sSMPABC299	1579,38	38,44782	930	649	1,04846	99,97613
1.sSMPABC294	1699,82	43,95962	930	770	2,271512	91,01076
1.sSMPABC296	1776,158	40,71392	930	846	1,694865	90,05277
1.sSMPABC353	1780,761	36,17802	930	851	0,471752	99,97207
1.sSMPABC315	1786,691	37,71029	930	857	0,720997	99,97187
1.sSMPABC292	1788	37,0031	930	858	2,997657	99,96204
1.sSMPABC253	1820,918	49,19977	930	891	0,311317	99,96164
1.sSMPABC298	1834,234	37,82482	930	904	1,031007	99,95317
1.sSMPABC256	1843,277	37,32313	930	913	0,842702	99,9524
1.sSMPABC313	1854,283	37,30043	930	924	1,149813	99,94744
1.sSMPABC330	1862,268	35,53948	930	932	0,886365	99,92569
1.sSMPABC318	1865,965	47,96588	930	936	0,85265	99,92409
1.sSMPABC335	1874,174	37,84635	930	944	0,653932	99,90503
1.sSMPABC287	1876,591	37,37136	930	947	0,762197	99,89692
1.sSMPABC314	1878,381	48,27702	930	948	0,667704	99,89121
1.sSMPABC307	1886,651	36,22798	930	957	0,741967	99,8832
1.sSMPABC308	1889,637	37,03403	930	960	0,852162	99,87284
1.sSMPABC254	1895,191	36,49919	930	965	1,677194	95,40763
1.sSMPABC360	1895,193	35,97505	930	965	1,031488	99,86223
1.sSMPABC369	1898,257	38,06642	930	968	0,841434	99,85989
1.sSMPABC257	1900,638	36,93732	930	971	0,50746	99,85665
1.sSMPABC247	1919,406	46,95708	930	989	0,575305	99,85289
1.sSMPABC271	1925,548	39,19341	930	996	0,811021	99,85193
1.sSMPABC239	1932,199	36,3698	930	1002	1,486785	99,85082
1.sSMPABC337	1933,813	35,77035	930	1004	0,751947	99,84193
1.sSMPABC270	1934,182	36,54865	930	1004	1,466747	99,82715
1.sSMPABC328	1954,505	34,93182	930	1025	0,883862	99,82568
1.sSMPABC379	1956,431	36,59744	930	1026	1,338574	99,81501
1.sSMPABC349	1958,808	36,5558	930	1029	1,241626	99,81257
1.sSMPABC374	1963,505	36,3842	930	1034	0,409646	99,80342
1.sSMPABC331	1969,991	36,85202	930	1040	0,657906	99,79682
1.sSMPABC372	1970,58	35,6585	930	1041	1,291915	99,76661
1.sSMPABC351	1972,258	35,92976	930	1042	0,710988	99,75778
1.sSMPABC280	1973,23	36,77117	930	1043	1,11304	99,75582
1.sSMPABC233	1974,78	47,50098	930	1045	0,982237	99,75362
1.sSMPABC355	1980,281	38,93515	930	1050	1,13347	90,91539
1.sSMPABC276	1997,88	36,73991	930	1068	0,270808	99,75177
1.sSMPABC354	1999,519	36,78447	930	1070	0,537387	99,74889
1.sSMPABC350	2003,429	38,34008	930	1073	1,205525	99,73334
1.sSMPABC327	2015,209	37,26588	930	1085	0,984001	93,60348
1.sSMPABC334	2015,408	36,09425	930	1085	1,187214	99,69317
1.sSMPABC352	2016,488	46,39987	930	1086	1,130232	99,69053
1.sSMPABC371	2029,769	36,33936	930	1100	1,17315	94,95827
1.sSMPABC336	2034,358	37,54623	930	1104	1,61932	92,04033
1.sSMPABC357	2036,761	35,78393	930	1107	0,714213	99,63688
1.sSMPABC295	2057,959	36,30778	930	1128	1,102243	99,62481
1.sSMPABC359	2074,261	35,97896	930	1144	0,947358	99,48338
1.sSMPABC333	2074,261	38,4508	930	1144	0,640601	99,55098
1.sSMPABC319	2094,432	35,2196	930	1164	1,545327	99,40374
1.sSMPABC358	2095,529	38,98029	930	1166	0,818602	99,36809
1.sSMPABC290	2096,756	38,16452	930	1167	1,588156	95,01965
1.sSMPABC377	2109,58	44,61429	930	1180	1,723977	99,30681
1.sSMPABC317	2109,94	34,31024	930	1180	0,993556	99,28226
1.sSMPABC380	2111,929	44,54286	930	1182	0,805359	99,24284
1.sSMPABC375	2116,16	37,96127	930	1186	1,384209	92,38272
1.sSMPABC320	2124,085	45,45801	930	1194	1,240486	99,22166
1.sSMPABC332	2130,016	35,1944	930	1200	0,880034	99,0922
1.sSMPABC250	2134,795	44,69998	930	1205	0,853876	98,50006
1.sSMPABC376	2138,764	37,44944	930	1209	2,861873	90,47631
1.sSMPABC272	2147,415	37,09559	930	1217	2,349363	91,5503
1.sSMPABC240	2212,915	37,0331	930	1283	3,8765	94,60353
1.sSMPABC347	2239,246	37,88772	930	1309	4,146205	91,53608
1.sSMPABC273	2387,467	38,27689	930	1457	5,52612	91,86443
1.sSMPABC300	2450,261	37,1247	930	1520	2,144449	90,61137
1.sSMPABC229	2726,233	33,43662	930	1796	2,93677	98,01243
1.sSMPABC275	2811,074	33,16096	930	1881	0,578264	97,4619
1.sSMPABC348	2818,095	36,11092	930	1888	2,085152	97,41038

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

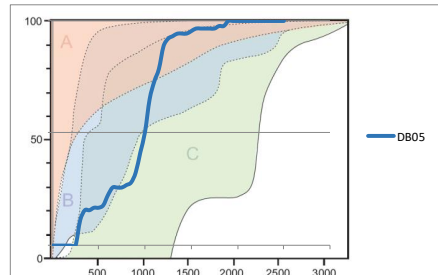
► 1st STEP

5% younger grains      4,45      if      CA - DA > 150Ma      Extensional  
CA - DA < 150Ma      2nd Step

► 2nd STEP

30% younger grains      26,7      if      CA - DA > 100Ma      Collisional  
CA - DA < 100Ma      Convergent

	Intervals	N of zircons	CP	
	0	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	250	0	0	0
	300	10	11,236	11,236
	350	4	4,49438	15,7303
	400	0	0	15,7303
	450	1	1,1236	16,8539
	500	0	0	16,8539
	550	1	1,1236	17,9775
	600	4	4,49438	22,4719
	650	3	3,37079	25,8427
	700	0	0	25,8427
	750	0	0	25,8427
	800	1	1,1236	26,9663
	850	1	1,1236	28,0899
	900	4	4,49438	32,5843
	950	8	8,98876	41,573
	1000	8	8,98876	50,5618
	1050	13	14,6067	65,1685
	1100	7	7,86517	73,0337
	1150	5	5,61798	78,6517
	1200	9	10,1124	88,764
	1250	3	3,37079	92,1348
	1300	1	1,1236	93,2584
	1350	1	1,1236	94,382
	1400	0	0	94,382
	1450	0	0	94,382
	1500	1	1,1236	95,5056
	1550	1	1,1236	96,6292
	1600	0	0	96,6292
	1650	0	0	96,6292
	1700	0	0	96,6292
	1750	0	0	96,6292
	1800	1	1,1236	97,7528
	1850	0	0	97,7528
	1900	2	2,24719	100
	1950	0	0	100
	2000	0	0	100
	2050	0	0	100
	2100	0	0	100
	2150	0	0	100
	2200	0	0	100
	2250	0	0	100
	2300	0	0	100
	2350	0	0	100
	2400	0	0	100
	2450	0	0	100
	2500	0	0	100
TOTAL		89		



SAMPLE DB06 (this work )

	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	Conc
1.sSMPABC198	1585,076	37,41788	930	655	1,289588	99,97373
1.sSMPABC148	1595,253	38,69427	930	665	2,341795	99,65498
1.sSMPABC153	1596,022	40,63349	930	666	2,126105	99,9503
1.sSMPABC235	1718,337	38,77332	930	788	1,733335	99,87398
1.sSMPABC273	1744,48	39,12949	930	814	1,598991	99,85665
1.sSMPABC192	1794,983	36,51437	930	865	1,138928	99,89604
1.sSMPABC250	2009,983	40,28925	930	1080	1,251941	90,26103
1.sSMPABC274	2042,953	45,79393	930	1113	2,459125	99,94928
1.sSMPABC159	2057,007	35,86444	930	1127	0,891599	99,96933
1.sSMPABC228	2071,204	35,78195	930	1141	1,898824	100,0279
1.sSMPABC171	2072,095	35,26917	930	1142	1,539947	100,003
1.sSMPABC276	2099,601	44,91901	930	1170	1,809684	99,73078
1.sSMPABC178	2099,853	34,54712	930	1170	0,633596	95,6055
1.sSMPABC232	2106,458	44,92445	930	1176	0,643685	100,7541
1.sSMPABC217	2118,877	36,1957	930	1189	0,633017	99,99574
1.sSMPABC176	2119,236	35,42841	930	1189	1,711689	99,81133
1.sSMPABC158	2129,775	37,02218	930	1200	0,786215	100,0145
1.sSMPABC189	2131,286	34,94995	930	1201	0,856616	91,87927
1.sSMPABC188	2134,47	35,65786	930	1204	0,445463	94,8925
1.sSMPABC237	2134,836	45,98534	930	1205	0,844706	99,89813
1.sSMPABC275	2135,101	37,42608	930	1205	0,551874	99,83205
1.sSMPABC248	2135,409	35,5629	930	1205	0,398728	99,84462
1.sSMPABC268	2138,344	36,54323	930	1208	3,010679	99,94376
1.sSMPABC151	2142,427	45,53287	930	1212	0,886275	96,71378
1.sSMPABC219	2143,362	35,12638	930	1213	0,855877	99,86724
1.sSMPABC258	2148,804	37,18322	930	1219	0,943658	100,0777
1.sSMPABC220	2151,624	38,36254	930	1222	1,03977	96,94344
1.sSMPABC267	2152,797	44,78665	930	1223	0,473245	99,78275
1.sSMPABC257	2158,739	38,16769	930	1229	0,951023	100,0564
1.sSMPABC211	2159,277	44,37803	930	1229	0,625295	99,90015
1.sSMPABC156	2170,402	44,04165	930	1240	1,056574	99,87387
1.sSMPABC260	2171,649	34,95676	930	1242	0,621113	99,90766
1.sSMPABC240	2177,442	35,57654	930	1247	0,55913	100,0418
1.sSMPABC254	2178,273	36,8966	930	1248	0,721147	100,0101
1.sSMPABC196	2181,316	36,37549	930	1251	0,892351	92,30502
1.sSMPABC251	2182,741	38,31178	930	1253	0,611327	96,94155
1.sSMPABC168	2183,15	44,70019	930	1253	0,786132	100,5323
1.sSMPABC227	2185,082	38,06145	930	1255	0,640222	100,0446
1.sSMPABC190	2204,877	35,51279	930	1275	1,451748	99,97474
1.sSMPABC193	2207,234	35,6837	930	1277	1,571033	99,98285
1.sSMPABC213	2207,552	37,41219	930	1278	0,975923	99,93772
1.sSMPABC238	2209,089	36,61077	930	1279	1,403622	95,33136
1.sSMPABC179	2209,273	35,09315	930	1279	1,122876	100,1176
1.sSMPABC277	2217,962	38,18244	930	1288	0,996832	96,81997
1.sSMPABC271	2236,333	36,1389	930	1306	0,874849	99,99244
1.sSMPABC278	2239,789	36,44234	930	1310	0,484638	93,3101
1.sSMPABC174	2257,107	35,84666	930	1327	1,144241	94,02819
1.sSMPABC167	2272,331	43,43773	930	1342	0,756902	100,0889
1.sSMPABC200	2358,076	41,13662	930	1428	0,834093	99,93266
1.sSMPABC147	2387,873	40,42306	930	1458	1,590544	90,32596
1.sSMPABC175	2460,564	35,05863	930	1531	0,935251	100,0719
1.sSMPABC173	2470,428	37,01682	930	1540	1,100921	92,40324
1.sSMPABC172	2663,424	34,20825	930	1733	1,123938	100,1707
1.sSMPABC152	2680,309	38,01635	930	1750	1,309018	100,0084
1.sSMPABC256	2715,959	37,70242	930	1786	0,613036	99,99005
1.sSMPABC208	2765,101	31,86002	930	1835	0,626059	99,76944
1.sSMPABC177	2791,67	33,44278	930	1862	0,616974	100,0829
1.sSMPABC149	2870,208	35,94974	930	1940	0,902318	99,84373
1.sSMPABC157	3026,354	32,38661	930	2096	2,212877	100,0764
1.sSMPABC154	3189,725	33,06625	930	2260	2,0752	99,81595
1.sSMPABC215	3291,312	33,69016	930	2361	1,053913	99,87557

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

➤ 1st STEP

5% younger grains 3,05 if CA - DA > 150Ma Extensional  
CA - DA < 150Ma 2nd Step

➤ 2nd STEP

30% younger grains 18,3 if CA - DA > 100Ma Collisional  
CA - DA < 100Ma Convergent

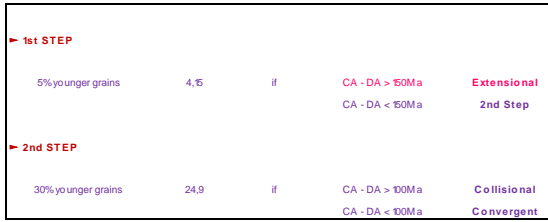
	Intervals	N of zircons		CP	
	0	0	0	0	
	50	0	0	0	
	100	0	0	0	
	150	0	0	0	
	200	0	0	0	
	250	0	0	0	
	300	0	0	0	
	350	0	0	0	
	400	0	0	0	
	450	0	0	0	
	500	0	0	0	
	550	0	0	0	
	600	0	0	0	
	650	0	0	0	
	700	3	4,91803	4,91803	
	750	0	0	4,91803	
	800	1	1,63934	6,55738	
	850	1	1,63934	8,19672	
	900	1	1,63934	9,83607	
	950	0	0	9,83607	
	1000	0	0	9,83607	
	1050	0	0	9,83607	
	1100	1	1,63934	11,4754	
	1150	4	6,55738	18,0328	
	1200	6	9,83607	27,8689	
	1250	17	27,8689	55,7377	
	1300	10	16,3934	72,1311	
	1350	4	6,55738	78,6885	
	1400	0	0	78,6885	
	1450	1	1,63934	80,3279	
	1500	1	1,63934	81,9672	
	1550	2	3,27869	85,2459	
	1600	0	0	85,2459	
	1650	0	0	85,2459	
	1700	0	0	85,2459	
	1750	2	3,27869	88,5246	
	1800	1	1,63934	90,1639	
	1850	1	1,63934	91,8033	
	1900	1	1,63934	93,4426	
	1950	1	1,63934	95,082	
	2000	0	0	95,082	
	2050	0	0	95,082	
	2100	1	1,63934	96,7213	
	2150	0	0	96,7213	
	2200	0	0	96,7213	
	2250	0	0	96,7213	
	2300	1	1,63934	98,3607	
	2350	0	0	98,3607	
	2400	1	1,63934	100	
	2450	0	0	100	
	2500	0	0	100	
TOTAL		61			

0	0
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	0
400	0
450	0
500	0
550	0
600	0
650	0
700	4,91803
750	4,91803
800	6,55738
850	8,19672
900	9,83607
950	9,83607
1000	9,83607
1050	9,83607
1100	11,4754
1150	18,0328
1200	27,8689
1250	55,7377
1300	72,1311
1350	78,6885
1400	78,6885
1450	80,3279
1500	81,9672
1550	85,2459
1600	85,2459
1650	85,2459
1700	85,2459
1750	88,5246
1800	90,1639
1850	91,8033
1900	93,4426
1950	95,082
2000	95,082
2050	95,082
2100	96,7213
2150	96,7213
2200	96,7213
2250	96,7213
2300	98,3607
2350	98,3607
2400	100
2450	100
2500	100

## IT- 094 (Souza et al 2019)

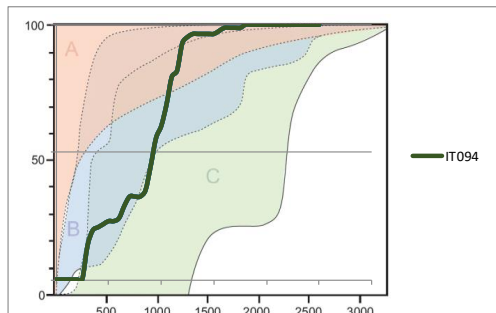
	AGE	%	DA	CA-DA	Th/U	%Disc
003-A-I-01	183	28	930	253	0,60	1
022-A-I-18	197	39	930	267	0,78	5
057-A-II-46	1204	38	930	274	0,62	6
096-A-IV-79	1206	55	930	276	0,66	1
012-A-I-10	1207	29	930	277	0,53	-1
077-A-III-62	1213	38	930	283	0,41	0
094-A-IV-77	1214	59	930	284	0,56	5
006-A-I-04	1220	48	930	290	0,54	0
082-A-III-67	1224	58	930	294	0,47	7
106-A-V-87	1227	36	930	297	0,70	-1
011-A-I-09	1230	38	930	300	0,52	0
108-A-V-89	1232	38	930	302	0,62	3
073-A-III-60	1240	40	930	310	0,50	0
031-A-I-25	1242	47	930	312	0,39	4
056-A-II-45	1248	35	930	318	0,72	5
068-A-II-55	1277	65	930	347	0,76	7
102-A-IV-83	1292	33	930	362	0,46	10
015-A-I-11	1378	48	930	448	0,43	0
071-A-II-58	1427	55	930	497	0,35	2
048-A-II-39	1506	45	930	576	0,38	-3
067-A-II-54	1552	65	930	622	0,36	2
043-A-II-34	1560	70	930	630	0,58	3
034-A-I-28	1565	56	930	635	0,51	0
070-A-II-57	1574	61	930	644	0,76	3
030-A-I-24	1583	42	930	653	0,75	3
027-A-I-21	1590	54	930	660	0,31	2
100-A-IV-81	1517	53	930	687	0,52	5
080-A-III-65	1736	66	930	806	0,49	0
083-A-III-68	1780	60	930	850	0,62	-1
041-A-II-32	1799	69	930	869	1,03	1
095-A-IV-78	1802	55	930	872	0,76	0
085-A-III-70	1803	54	930	873	0,98	1
024-A-I-20	1813	46	930	883	1,21	-1
053-A-II-42	1818	51	930	888	0,88	14
010-A-I-08	1820	52	930	890	0,48	3
088-A-III-71	1822	50	930	892	0,76	0
078-A-III-63	1823	54	930	893	1,01	-4
028-A-I-22	1834	47	930	904	0,70	1
105-A-V-86	1842	44	930	912	1,08	5
058-A-II-47	1844	59	930	914	0,66	-2
090-A-III-73	1857	48	930	927	0,67	3
059-A-II-48	1863	79	930	933	0,77	1
042-A-II-33	1870	59	930	940	0,71	1
017-A-I-13	1870	49	930	940	0,61	2
008-A-I-06	1872	48	930	942	1,13	4
007-A-I-05	1874	54	930	944	0,73	1
089-A-III-72	1890	59	930	960	1,07	3
101-A-IV-82	1914	37	930	984	0,71	-1
021-A-I-17	1925	71	930	995	1,11	5
076-A-III-61	1925	54	930	995	0,46	2
097-A-IV-80	1949	71	930	1019	1,26	2
004-A-I-02	1949	36	930	1019	0,36	4
081-A-III-66	1957	58	930	1027	0,55	-1
032-A-I-26	1957	68	930	1027	0,72	0
079-A-III-64	1957	59	930	1027	0,73	1
045-A-II-36	1975	60	930	1045	0,99	-3
066-A-II-53	1980	52	930	1050	0,78	-2
065-A-II-52	1982	51	930	1052	0,58	-3
103-A-IV-84	1983	48	930	1053	0,20	-2
018-A-I-14	1985	48	930	1055	1,45	6
093-A-IV-76	1996	64	930	1066	1,46	4
092-A-IV-75	1998	54	930	1068	0,21	-3
084-A-III-69	1999	70	930	1069	0,55	3
019-A-I-15	2005	58	930	1075	0,87	3
046-A-II-37	2008	66	930	1078	0,50	2
009-A-I-07	2022	56	930	1092	1,24	3
020-A-I-16	2062	59	930	1132	0,38	0
104-A-IV-85	2073	39	930	1143	0,46	-3
064-A-II-51	2089	220	930	1159	1,27	2
060-A-II-49	2100	68	930	1170	1,17	4
109-A-VI-90	2102	53	930	1172	0,70	7
047-A-II-38	2103	83	930	1173	0,65	-1
023-A-I-19	2104	69	930	1174	1,37	4
035-A-I-28	2109	63	930	1179	2,82	1
049-A-II-40	2118	77	930	1188	0,41	1
044-A-II-35	2129	77	930	1189	1,15	0
107-A-V-88	2129	52	930	1189	0,96	-1
061-A-II-50	2132	80	930	1232	0,85	9
037-A-II-30	2171	53	930	1241	0,48	3
069-A-II-56	2186	76	930	1256	0,72	2
016-A-I-12	2464	103	930	1534	0,91	2
040-A-II-31	2492	58	930	1562	0,86	-1
091-A-III-74	2699	61	930	1769	0,72	4

CA	Crystallization age
DA	Depositional age
CP	Cumulative proportion



	Intervals	N of zircons	CP	
	0	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	250	0	0	0
	300	11	13,25301205	13,25301205
	350	5	6,024096386	19,27710843
	400	1	1204819277	20,48192771
	450	1	1204819277	21,68674699
	500	1	1204819277	22,891576627
	550	0	0	22,891576627
	600	1	1204819277	24,09638554
	650	4	4,819277108	28,91566265
	700	3	3,61457831	32,53012048
	750	0	0	32,53012048
	800	0	0	32,53012048
	850	2	2,409638554	34,93975904
	900	8	9,638554217	44,57831325
	950	9	10,84337349	55,42168675
	1000	4	4,819277108	60,24096386
	1050	7	8,43373494	68,6746988
	1100	9	10,84337349	79,51807229
	1150	2	2,409638554	81,92771084
	1200	9	10,84337349	92,77108434
	1250	2	2,409638554	95,18072289
	1300	1	1204819277	96,38554217
	1350	0	0	96,38554217
	1400	0	0	96,38554217
	1450	0	0	96,38554217
	1500	0	0	96,38554217
	1550	1	1204819277	97,59036145
	1600	1	1204819277	98,79518072
	1650	0	0	98,79518072
	1700	0	0	98,79518072
	1750	0	0	98,79518072
	1800	1	1204819277	100
	1850	0	0	100
	1900	0	0	100
	1950	0	0	100
	2000	0	0	100
	2050	0	0	100
	2100	0	0	100
	2150	0	0	100
	2200	0	0	100
	2250	0	0	100
	2300	0	0	100
	2350	0	0	100
	2400	0	0	100
	2450	0	0	100
	2500	0	0	100
TOTAL		83		

0	0
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	13,25301
350	19,27711
400	20,48193
450	21,68675
500	22,89157
550	22,89157
600	24,09639
650	28,91566
700	32,53012
750	32,53012
800	32,53012
850	34,93976
900	44,57831
950	55,42169
1000	60,24096
1050	68,6747
1100	79,51807
1150	81,92771
1200	92,77108
1250	95,18072
1300	96,38554
1350	96,38554
1400	96,38554
1450	96,38554
1500	96,38554
1550	97,59036
1600	98,79518
1650	98,79518
1700	98,79518
1750	98,79518
1800	100
1850	100
1900	100
1950	100
2000	100
2050	100
2100	100
2150	100
2200	100
2250	100
2300	100
2350	100
2400	100
2450	100
2500	100





	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	% Disc
017-B-I-13	1234	41	930	304	0.73	1
082-B-IV-68	1726	58	930	796	0.81	0
081-B-IV-67	1745	50	930	815	0.64	5
057-B-III-47	1803	64	930	873	0.81	-2
063-B-III-51	1828	93	930	898	0.89	6
087-B-IV-71	1846	65	930	916	0.95	-3
053-B-III-43	1867	95	930	937	1.79	0
083-B-IV-69	1892	102	930	962	0.70	0
004-B-I-02	1912	56	930	982	0.57	5
054-B-III-44	1925	59	930	995	0.49	1
044-B-II-36	1937	101	930	1007	1.88	3
103-B-V-85	1949	78	930	1019	0.69	3
094-B-IV-78	1953	80	930	1023	5.18	10
028-B-II-22	1959	86	930	1029	0.81	5
029-B-II-23	1960	103	930	1030	0.90	0
067-B-III-55	1961	111	930	1031	1.40	7
007-B-I-05	1969	79	930	1039	0.88	-2
033-B-II-27	1970	91	930	1040	1.04	2
107-B-V-89	1974	84	930	1044	1.03	1
088-B-IV-72	1974	90	930	1044	0.88	1
070-B-III-58	1975	69	930	1045	1.76	2
046-B-II-38	1975	52	930	1045	0.85	4
056-B-III-46	1980	72	930	1050	2.68	3
020-B-I-16	1986	83	930	1056	1.28	2
108-B-V-90	1988	94	930	1058	1.44	4
106-B-V-88	1997	96	930	1067	1.11	1
040-B-II-32	1999	80	930	1069	1.03	5
060-B-III-50	2002	91	930	1072	0.61	2
096-B-IV-80	2010	63	930	1080	0.74	6
090-B-IV-74	2011	86	930	1081	1.30	0
089-B-IV-73	2022	89	930	1092	0.90	2
039-B-II-31	2058	93	930	1128	1.67	1
042-B-II-34	2060	115	930	1130	0.56	-1
015-B-I-11	2064	80	930	1134	0.62	2
076-B-IV-62	2072	79	930	1142	0.93	6
064-B-III-52	2082	57	930	1152	0.50	-3
093-B-IV-77	2089	102	930	1159	0.65	4
047-B-II-39	2089	62	930	1159	1.86	5
066-B-III-54	2090	90	930	1160	0.89	0
010-B-I-08	2091	59	930	1161	1.00	-4
058-B-III-48	2094	65	930	1164	1.13	-4
036-B-II-30	2095	69	930	1165	0.94	5
034-B-II-28	2095	62	930	1165	0.47	4
055-B-III-45	2096	98	930	1166	1.14	3
023-B-I-19	2096	84	930	1166	1.28	6
031-B-II-25	2100	105	930	1170	0.83	2
005-B-I-03	2102	95	930	1172	0.75	6
043-B-II-35	2103	69	930	1173	1.29	0
092-B-IV-76	2106	104	930	1176	0.59	4
045-B-II-37	2107	84	930	1177	0.50	8
075-B-IV-61	2109	78	930	1179	1.09	5
003-B-I-01	2109	63	930	1179	1.14	1
011-B-I-09	2113	80	930	1183	2.21	2
016-B-I-12	2113	86	930	1183	0.97	3
077-B-IV-63	2116	96	930	1186	0.69	4
065-B-III-53	2119	104	930	1189	0.48	2
051-B-III-41	2122	66	930	1192	1.07	5
101-B-V-8	2124	58	930	1194	0.74	-1
068-B-III-56	2126	69	930	1196	0.77	1
105-B-V-87	2129	76	930	1199	0.43	0
100-B-V-82	2134	80	930	1204	1.10	2
024-B-I-20	2139	60	930	1209	0.55	1
030-B-II-24	2139	63	930	1209	1.04	5
035-B-II-29	2140	71	930	1210	0.52	4
095-B-IV-79	2140	39	930	1210	0.38	3
071-B-III-59	2142	99	930	1212	0.44	3
009-B-I-07	2142	83	930	1212	0.55	7
006-B-I-04	2142	71	930	1212	0.82	3
052-B-III-42	2161	41	930	1231	0.96	3
022-B-I-18	2162	57	930	1232	0.85	1
018-B-I-14	2162	87	930	1232	0.78	7
059-B-III-49	2172	73	930	1242	1.57	4
072-B-III-60	2173	85	930	1243	0.88	2
099-B-V-81	2184	68	930	1254	0.30	6
008-B-I-06	2188	91	930	1258	0.56	7
048-B-II-40	2189	83	930	1259	1.96	4
079-B-IV-65	2189	64	930	1259	0.80	6
012-B-I-10	2200	94	930	1270	0.40	1
069-B-III-57	2209	68	930	1279	0.94	-2
078-B-IV-64	2365	62	930	1435	1.64	6
032-B-II-26	2635	86	930	1705	0.57	3
084-B-IV-70	2696	92	930	1766	0.60	2
027-B-II-21	2824	87	930	1894	0.72	0
080-B-IV-66	2854	54	930	1924	1.79	2
091-B-IV-75	2870	107	930	1940	1.36	0
041-B-II-33	2946	124	930	2016	0.54	-5
102-B-V-84	3083	54	930	2153	0.70	4
104-B-V-86	3319	162	930	2389	1.17	0

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

## ► 1st STEP

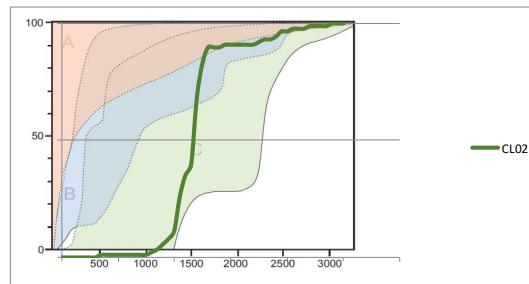
5% younger grains 4,4 if CA - DA > 150Ma **Extensional**  
CA - DA < 150Ma **2nd Step**

## ► 2nd STEP

30% younger grains 26,4 if CA - DA > 100Ma **Collisional**  
CA - DA < 100Ma **Convergent**

	Intervals	N of zircons	CP	
	0	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	250	0	0	0
	300	0	0	0
	350	1	1,13636	1,13636
	400	0	0	1,13636
	450	0	0	1,13636
	500	0	0	1,13636
	550	0	0	1,13636
	600	0	0	1,13636
	650	0	0	1,13636
	700	0	0	1,13636
	750	0	0	1,13636
	800	1	1,13636	2,27273
	850	1	1,13636	3,40909
	900	2	2,27273	5,68182
	950	2	2,27273	7,95455
	1000	3	3,40909	11,3636
	1050	13	14,7727	26,1364
	1100	8	9,09091	35,2273
	1150	4	4,54545	39,7727
	1200	25	28,4091	68,1818
	1250	13	14,7727	82,9545
	1300	6	6,81818	89,7727
	1350	0	0	89,7727
	1400	0	0	89,7727
	1450	1	1,13636	90,9091
	1500	0	0	90,9091
	1550	0	0	90,9091
	1600	0	0	90,9091
	1650	0	0	90,9091
	1700	0	0	90,9091
	1750	1	1,13636	92,0455
	1800	1	1,13636	93,1818
	1850	0	0	93,1818
	1900	1	1,13636	94,3182
	1950	2	2,27273	96,5909
	2000	0	0	96,5909
	2050	1	1,13636	97,7273
	2100	0	0	97,7273
	2150	0	0	97,7273
	2200	1	1,13636	98,8636
	2250	0	0	98,8636
	2300	0	0	98,8636
	2350	0	0	98,8636
	2400	1	1,13636	100
	2450	0	0	100
	2500	0	0	100
TOTAL		88		

0	0
50	0
100	0
150	0
200	0
250	0
300	0
350	1,13636
400	1,13636
450	1,13636
500	1,13636
550	1,13636
600	1,13636
650	1,13636
700	1,13636
750	1,13636
800	2,27273
850	3,40909
900	5,68182
950	7,95455
1000	11,3636
1050	26,1364
1100	35,2273
1150	39,7727
1200	68,1818
1250	82,9545
1300	89,7727
1350	89,7727
1400	89,7727
1450	90,9091
1500	90,9091
1550	90,9091
1600	90,9091
1650	90,9091
1700	90,9091
1750	92,0455
1800	93,1818
1850	93,1818
1900	94,3182
1950	96,5909
2000	96,5909
2050	97,7273
2100	97,7273
2150	97,7273
2200	98,8636
2250	98,8636
2300	98,8636
2350	98,8636
2400	100
2450	100
2500	100





MD 67 (Chemale et al 2012)

	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	% Disc
Zr-242-D-IV-01	1079	16	930	149	0,45	-4
Zr-242-D-IV-03	1125	28	930	195	0,67	-3
Zr-242-D-IV-22	1156	39	930	226	0,42	-1
Zr-242-D-IV-06	1159	34	930	229	0,60	-6
Zr-242-D-IV-26	1189	36	930	259	0,53	2
Zr-242-D-IV-39	1202	33	930	272	0,62	0
Zr-242-E-V-06	1219	32	930	289	0,51	0
Zr-242-E-V-27	1242	47	930	312	0,54	-1
Zr-242-E-V-18	1541	76	930	611	0,79	4
Zr-242-D-IV-04	1742	23	930	812	0,84	-3
Zr-242-D-IV-9	1755	41	930	825	0,83	-2
Zr-242-E-V-03	1789	57	930	859	0,68	1
Zr-242-D-IV-15	1800	73	930	870	0,75	2
Zr-242-D-IV-08	1819	31	930	889	0,83	-2
Zr-242-E-V-20	1819	81	930	889	0,81	0
Zr-242-D-IV-24	1834	105	930	904	0,43	1
Zr-242-D-IV-07	1836	35	930	906	1,46	9
Zr-242-D-IV-23	1853	34	930	923	0,78	1
Zr-242-E-V-22	1863	51	930	933	0,65	-2
Zr-242-D-IV-43	1868	38	930	938	0,52	-3
Zr-242-E-V-10	1868	90	930	938	1,08	3
Zr-242-D-IV-10	1869	22	930	939	0,44	4
Zr-242-E-V-11	1886	37	930	956	0,63	1
Zr-242-D-IV-20	1897	82	930	967	1,14	0
Zr-242-E-V-35	1910	45	930	980	0,50	0
Zr-242-E-V-08	1915	51	930	985	1,09	-3
Zr-242-D-IV-44	1915	53	930	985	0,55	-5
Zr-242-D-IV-31	1918	34	930	988	0,69	3
Zr-242-D-IV-29	1925	30	930	995	1,50	4
Zr-242-D-IV-19	1934	51	930	1004	0,75	0
Zr-242-D-IV-47	1934	49	930	1004	0,78	3
Zr-242-E-V-04	1935	94	930	1005	0,41	1
Zr-242-D-IV-18	1936	34	930	1006	0,30	0
Zr-242-D-IV-13	1942	53	930	1012	0,81	1
Zr-242-E-V-34	1953	60	930	1023	0,55	-1
Zr-242-D-IV-11	1959	48	930	1029	0,86	2
Zr-242-E-V-07	1966	80	930	1036	1,05	1
Zr-242-E-V-01	1978	81	930	1048	0,83	-3
Zr-242-E-V-30	1980	78	930	1050	0,74	-2
Zr-242-D-IV-41	1998	40	930	1068	0,69	4
Zr-242-E-V-21	2004	46	930	1074	0,60	0
Zr-242-D-IV-32	2009	37	930	1079	0,53	9
Zr-242-D-IV-27	2010	37	930	1080	1,52	8
Zr-242-E-V24	2014	44	930	1084	0,85	2
Zr-242-E-V13	2028	47	930	1098	0,23	2
Zr-242-E-V-32	2033	47	930	1103	0,46	0
Zr-242-E-V-14	2042	45	930	1112	0,40	2
Zr-242-D-IV-05	2065	42	930	1135	0,40	-7
Zr-242-D-IV-25	2080	57	930	1150	2,24	1
Zr-242-D-IV-16	2140	59	930	1210	0,65	4
Zr-242-E-V-12	2170	98	930	1240	0,85	0
Zr-242-D-IV-02	2170	55	930	1240	0,67	8
Zr-242-E-V-36	2175	64	930	1245	0,79	0
Zr-242-E-V-02	2175	53	930	1245	0,74	1
Zr-242-D-IV-37	2813	32	930	1883	0,47	8
Zr-242-E-V-23	3333	59	930	2403	0,75	3

CA	Crystallization age
DA	Depositional age
CP	Cumulative proportion

➔ 1st STEP

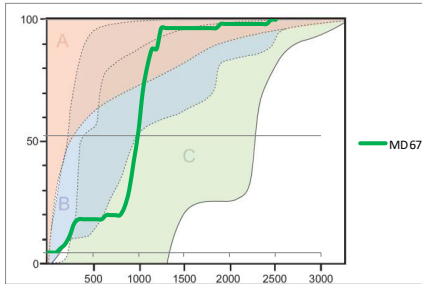
5% younger grains      2,8      if      CA - DA > 150Ma      Extensional  
CA - DA < 150Ma      2nd Step

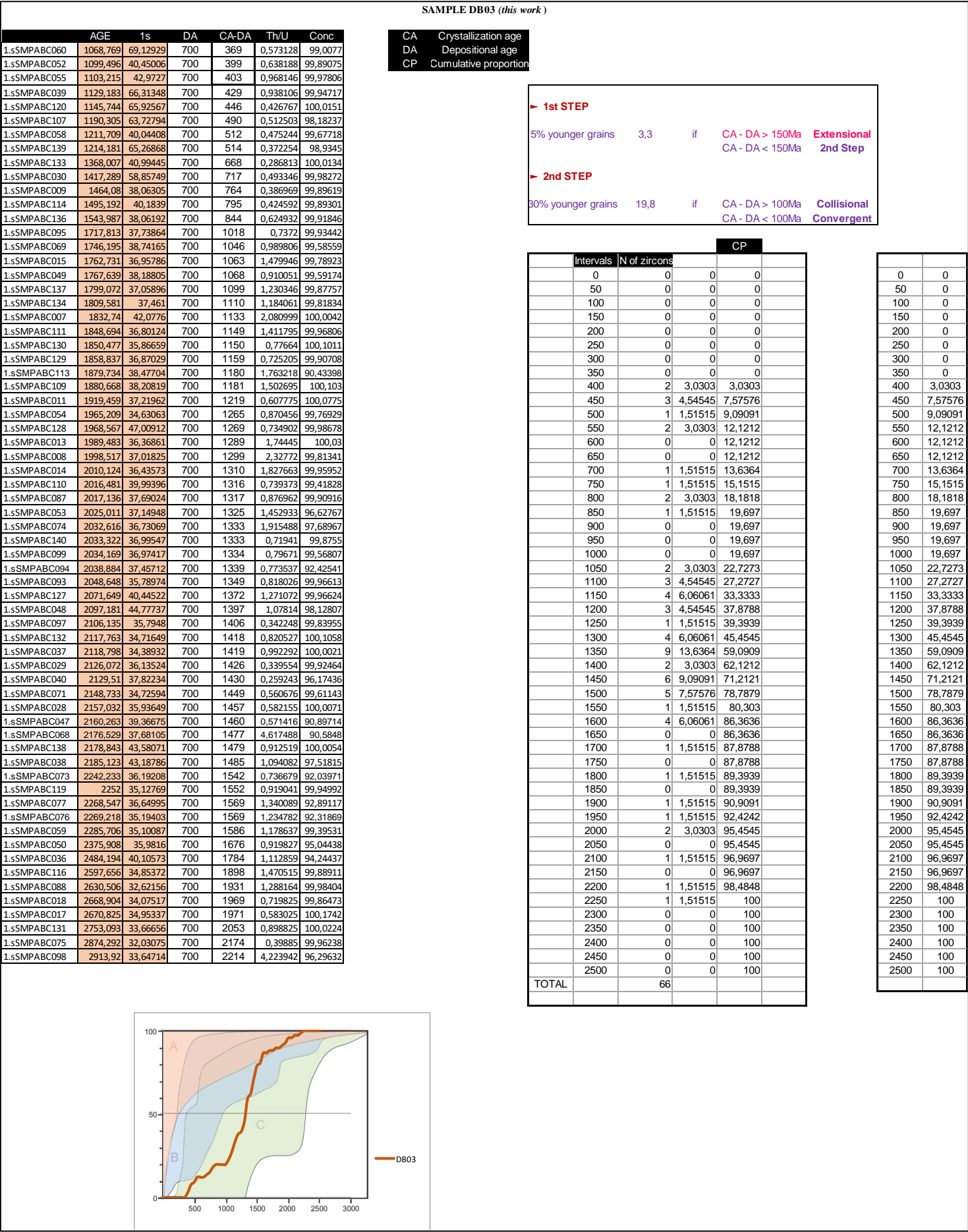
➔ 2nd STEP

30% younger grains      16,8      if      CA - DA > 100Ma      Collisional  
CA - DA < 100Ma      Convergent

	Intervals	N of zircons	CP	
	0	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	0	0
	150	1	1,78571	1,78571
	200	1	1,78571	3,57143
	250	2	3,57143	7,14286
	300	3	5,35714	12,5
	350	1	1,78571	14,2857
	400	0	0	14,2857
	450	0	0	14,2857
	500	0	0	14,2857
	550	0	0	14,2857
	600	0	0	14,2857
	650	1	1,78571	16,0714
	700	0	0	16,0714
	750	0	0	16,0714
	800	0	0	16,0714
	850	2	3,57143	19,6429
	900	4	7,14286	26,7857
	950	7	12,5	39,2857
	1000	7	12,5	51,7857
	1050	10	17,8571	69,6429
	1100	6	10,7143	80,3571
	1150	4	7,14286	87,5
	1200	0	0	87,5
	1250	5	8,92857	96,4286
	1300	0	0	96,4286
	1350	0	0	96,4286
	1400	0	0	96,4286
	1450	0	0	96,4286
	1500	0	0	96,4286
	1550	0	0	96,4286
	1600	0	0	96,4286
	1650	0	0	96,4286
	1700	0	0	96,4286
	1750	0	0	96,4286
	1800	0	0	96,4286
	1850	0	0	96,4286
	1900	1	1,78571	98,2143
	1950	0	0	98,2143
	2000	0	0	98,2143
	2050	0	0	98,2143
	2100	0	0	98,2143
	2150	0	0	98,2143
	2200	0	0	98,2143
	2250	0	0	98,2143
	2300	0	0	98,2143
	2350	0	0	98,2143
	2400	0	0	98,2143
	2450	1	1,78571	100
	2500	0	0	100
TOTAL		56		

0	0
50	0
100	0
150	1,78571
200	3,57143
250	7,14286
300	12,5
350	14,2857
400	14,2857
450	14,2857
500	14,2857
550	14,2857
600	14,2857
650	16,0714
700	16,0714
750	16,0714
800	16,0714
850	19,6429
900	26,7857
950	39,2857
1000	51,7857
1050	69,6429
1100	80,3571
1150	87,5
1200	87,5
1250	96,4286
1300	96,4286
1350	96,4286
1400	96,4286
1450	96,4286
1500	96,4286
1550	96,4286
1600	96,4286
1650	96,4286
1700	96,4286
1750	96,4286
1800	96,4286
1850	96,4286
1900	98,2143
1950	98,2143
2000	98,2143
2050	98,2143
2100	98,2143
2150	98,2143
2200	98,2143
2250	98,2143
2300	98,2143
2350	98,2143
2400	98,2143
2450	100
2500	100





## SC 01 (Kuchenbecker et al. 2015)

	AGE	1s	DA	CA-DA	Th/U	Disc %
1,1	1227	14	700	527	-	3
3,1	1367	63	700	667	-	0
5,1	1437	11	700	737	-	1
4,1	1439	10	700	739	-	3
27,1	1511	34	700	811	-	-39
7,1	1519	10	700	819	-	2
6,1	1521	22	700	821	-	4
2,1	1527	10	700	827	-	20
9,1	1539	12	700	839	-	2
10,1	1549	19	700	849	-	1
8,1	1555	12	700	855	-	5
11,1	1567	11	700	867	-	2
13,1	1598	19	700	898	-	3
12,1	1637	21	700	937	-	8
14,1	1658	10	700	958	-	9
15,1	1681	24	700	981	-	4
16,1	1701	9	700	1001	-	4
17,1	1715	139	700	1015	-	3
19,1	1740	10	700	1040	-	0
21,1	1756	13	700	1056	-	0
20,1	1769	12	700	1069	-	1
18,1	1800	9	700	1100	-	7
23,1	1811	10	700	1111	-	3
22,1	1814	11	700	1114	-	4
24,1	1835	9	700	1135	-	5
26,1	1842	9	700	1142	-	4
25,1	1846	10	700	1146	-	9
28,1	1855	6	700	1155	-	4
38,1	1868	49	700	1168	-	-3
30,1	1880	5	700	1180	-	3
29,1	1887	8	700	1187	-	4
58,1	1939	99	700	1239	-	0
31,1	1942	17	700	1242	-	4
34,1	1943	5	700	1243	-	3
36,1	1948	7	700	1248	-	3
44,1	1968	8	700	1268	-	0
46,1	1970	18	700	1270	-	0
37,1	1972	6	700	1272	-	5
49,1	1981	9	700	1281	-	0
40,1	1981	7	700	1281	-	3
43,1	1984	7	700	1284	-	2
32,1	1990	8	700	1290	-	8
53,1	1996	16	700	1296	-	0
45,1	1997	5	700	1297	-	3
41,1	1998	23	700	1298	-	4
50,1	2001	8	700	1301	-	0
47,1	2001	17	700	1301	-	2
57,2	2010	12	700	1310	-	-1
42,1	2019	19	700	1319	-	6
55,1	2031	23	700	1331	-	0
52,1	2040	10	700	1340	-	3
48,1	2068	8	700	1368	-	8
71,1	2073	26	700	1373	-	-6
67,1	2077	14	700	1377	-	0
60,1	2079	5	700	1379	-	2
59,1	2084	11	700	1384	-	4
56,1	2086	17	700	1386	-	5
33,1	2088	19	700	1388	-	14
65,1	2094	12	700	1394	-	2
35,1	2096	23	700	1396	-	15
54,1	2102	8	700	1402	-	8
63,1	2109	4	700	1409	-	4
51,1	2111	8	700	1411	-	10
72,1	2113	8	700	1413	-	-1
68,1	2118	8	700	1418	-	3
62,1	2120	4	700	1420	-	5
61,1	2121	8	700	1421	-	6
64,1	2121	8	700	1421	-	4
70,1	2127	5	700	1427	-	2
66,1	2127	12	700	1427	-	5
73,1	2129	16	700	1429	-	0
69,1	2144	21	700	1444	-	4
57,1	2144	11	700	1444	-	5
76,1	2155	8	700	1455	-	0
74,1	2167	7	700	1467	-	2
39,1	2185	9	700	1485	-	19
77,1	2195	11	700	1495	-	3
79,1	2201	14	700	1501	-	-1
75,1	2207	13	700	1507	-	6
78,1	2260	12	700	1560	-	8
80,1	2261	17	700	1561	-	4
81,1	2631	9	700	1931	-	3
82,1	2710	8	700	2010	-	1
83,1	3248	7	700	2548	-	-2

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

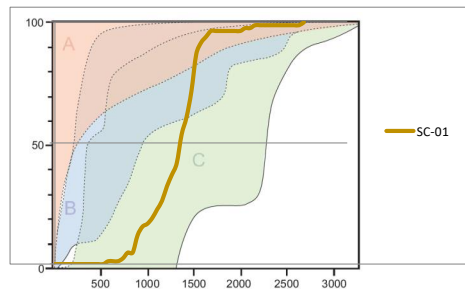
## ► 1st STEP

5% younger grains 4,2 if CA - DA > 150Ma Extensional  
CA - DA < 150Ma 2nd Step

## ► 2nd STEP

30% younger grains 25,2 if CA - DA > 100Ma Collisional  
CA - DA < 100Ma Convergent

	CP			
Intervals	N of zircons			
0	0	0	0	0
50	0	0	0	50
100	0	0	0	100
150	0	0	0	150
200	0	0	0	200
250	0	0	0	250
300	0	0	0	300
350	0	0	0	350
400	0	0	0	400
450	0	0	0	450
500	0	0	0	500
550	1	1,19048	1,19048	550
600	0	0	1,19048	600
650	0	0	1,19048	650
700	1	1,19048	2,38095	700
750	2	2,38095	4,7619	750
800	0	0	4,7619	800
850	6	7,14286	11,9048	850
900	3	3,57143	15,4762	900
950	1	1,19048	16,6667	950
1000	2	2,38095	19,0476	1000
1050	3	3,57143	22,619	1050
1100	3	3,57143	26,1905	1100
1150	5	5,95238	32,1429	1150
1200	4	4,7619	36,9048	1200
1250	4	4,7619	41,6667	1250
1300	10	11,9048	53,5714	1300
1350	6	7,14286	60,7143	1350
1400	9	10,7143	71,4286	1400
1450	13	15,4762	86,9048	1450
1500	4	4,7619	91,6667	1500
1550	2	2,38095	94,0476	1550
1600	2	2,38095	96,4286	1600
1650	0	0	96,4286	1650
1700	0	0	96,4286	1700
1750	0	0	96,4286	1750
1800	0	0	96,4286	1800
1850	0	0	96,4286	1850
1900	0	0	96,4286	1900
1950	1	1,19048	97,619	1950
2000	0	0	97,619	2000
2050	1	1,19048	98,8095	2050
2100	0	0	98,8095	2100
2150	0	0	98,8095	2150
2200	0	0	98,8095	2200
2250	0	0	98,8095	2250
2300	0	0	98,8095	2300
2350	0	0	98,8095	2350
2400	0	0	98,8095	2400
2450	0	0	98,8095	2450
2500	0	0	98,8095	2500
2550	1	1,19048	100	2550
TOTAL	84			



MG 05-01 (Babinski et al. 2012)

	AGE	1s	DA	CA-DA	ThU	Disc %
20.2	885	71	700	185	2.75	-5
20.3	1021	51	700	321	3.07	9
31.1	1117	73	700	417	0.26	-2
32.1	1170	34	700	470	0.28	-5
36.1	1204	70	700	504	0.43	5
12.1	1253	44	700	553	3.00	5
4.1	1286	36	700	586	0.51	7
25.1	1288	62	700	588	0.96	15
18.1	1298	29	700	598	0.41	2
28.1	1357	21	700	657	0.30	-2
6.1	1363	63	700	663	0.43	9
13.1	1465	82	700	765	0.40	6
10.1	1555	28	700	855	0.56	-6
10.2	1583	43	700	883	0.58	-4
14.1	1586	17	700	886	0.40	0
3.1	1820	27	700	1129	1.30	0
38.1	1838	28	700	1138	0.72	4
2.1	1875	18	700	1175	0.54	-5
29.1	1882	75	700	1182	0.64	2
27.1	1909	32	700	1209	0.45	4
30.1	1960	21	700	1260	0.87	-6
5.1	2010	27	700	1310	0.56	-1
17.1	2017	26	700	1317	1.56	2
7.1	2025	22	700	1325	1.69	-1
22.1	2027	30	700	1327	0.64	1
24.1	2029	24	700	1329	1.32	6
16.1	2035	24	700	1335	1.43	0
35.1	2039	27	700	1339	0.70	-3
1.1	2084	23	700	1384	0.57	5
33.1	2130	32	700	1430	0.71	-1
39.1	2130	21	700	1430	0.58	-11
8.1	2138	32	700	1438	0.55	-2
21.1	2158	23	700	1458	0.71	-3
9.1	2179	17	700	1479	0.52	5
19.1	2209	24	700	1509	0.38	0
26.1	2216	27	700	1516	0.83	5
15.1	2257	31	700	1557	0.41	1
37.1	2559	14	700	1859	0.47	3
37.2	2616	11	700	1916	0.76	2
34.2	2627	22	700	1927	0.67	-2
34.1	2650	22	700	1950	0.53	3
11.1	2700	11	700	2000	0.99	14
23.1	2741	22	700	2041	1.03	2

CA Crystallization age  
DA Depositional age  
CP Cumulative proportion

➤ 1st STEP

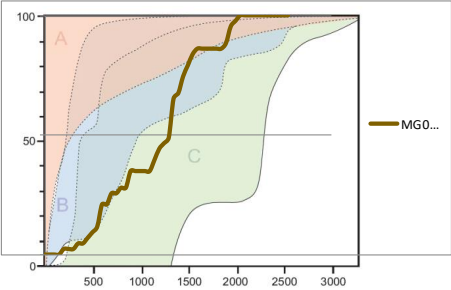
5% younger grains    2,15    if    CA - DA > 150Ma    Extensional  
CA - DA < 150Ma    2nd Step

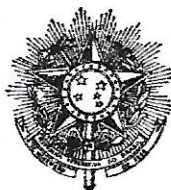
➤ 2nd STEP

30% younger grains    12,9    if    CA - DA > 100Ma    Collisional  
CA - DA < 100Ma    Convergent

	Intervals	N of zircons	CP	
	0	0	0	0
	50	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	1	2,32558	2,32558
	250	0	0	2,32558
	300	0	0	2,32558
	350	1	2,32558	4,65116
	400	0	0	4,65116
	450	1	2,32558	6,97674
	500	1	2,32558	9,30233
	550	1	2,32558	11,6279
	600	4	9,30233	20,9302
	650	0	0	20,9302
	700	2	4,65116	25,5814
	750	0	0	25,5814
	800	1	2,32558	27,907
	850	0	0	27,907
	900	3	6,97674	34,8837
	950	0	0	34,8837
	1000	0	0	34,8837
	1050	0	0	34,8837
	1100	0	0	34,8837
	1150	2	4,65116	39,5349
	1200	2	4,65116	44,186
	1250	1	2,32558	46,5116
	1300	1	2,32558	48,8372
	1350	7	16,2791	65,1163
	1400	1	2,32558	67,4419
	1450	3	6,97674	74,4186
	1500	2	4,65116	79,0698
	1550	2	4,65116	83,7209
	1600	1	2,32558	86,0465
	1650	0	0	86,0465
	1700	0	0	86,0465
	1750	0	0	86,0465
	1800	0	0	86,0465
	1850	0	0	86,0465
	1900	1	2,32558	88,3721
	1950	3	6,97674	95,3488
	2000	1	2,32558	97,6744
	2050	1	2,32558	100
	2100	0	0	100
	2150	0	0	100
	2200	0	0	100
	2250	0	0	100
	2300	0	0	100
	2350	0	0	100
	2400	0	0	100
	2450	0	0	100
	2500	0	0	100
	2550	0	0	100
TOTAL		43		

0	0
50	0
100	0
150	0
200	2,32558
250	2,32558
300	2,32558
350	4,65116
400	4,65116
450	6,97674
500	9,30233
550	11,6279
600	20,9302
650	20,9302
700	25,5814
750	25,5814
800	27,907
850	27,907
900	34,8837
950	34,8837
1000	34,8837
1050	34,8837
1100	34,8837
1150	39,5349
1200	44,186
1250	46,5116
1300	48,8372
1350	65,1163
1400	67,4419
1450	74,4186
1500	79,0698
1550	83,7209
1600	86,0465
1650	86,0465
1700	86,0465
1750	86,0465
1800	86,0465
1850	86,0465
1900	88,3721
1950	95,3488
2000	97,6744
2050	100
2100	100
2150	100
2200	100
2250	100
2300	100
2350	100
2400	100
2450	100
2500	100
2550	100





## FICHA DE APROVAÇÃO

### DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**TÍTULO:** “Comportamento estratigráfico e proveniência sedimentar do Grupo Macaúbas na terminação periclinal da Serra do Espinhaço Meridional em Minas Gerais”.

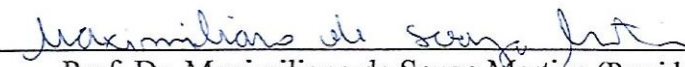
**AUTOR:** Rosana Gonçalves Oliveira

**ORIENTADOR:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gláucia Nascimento Queiroga

**DATA DA DEFESA:** 03 de abril de 2020.

**PRESIDENTE:** Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins

### BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. Maximiliano de Souza Martins (Presidente- UFOP)

*(Participação por videoconferência)*

\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marly Babinski (USP)

*(Participação por videoconferência)*

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana (UFOP)